

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
EKONOMICKÁ FAKULTA

KATEDRA FINANČÍ

Optimalizace akciového portfolia pro drobného investora
Optimization of Stock Portfolio for a Small Investor

Student: Bc. Petr Uvíra
Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Aleš Kresta, Ph.D.

Ostrava 2019

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Ekonomická fakulta
Katedra financí

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Petr Uvíra**
Studijní program: N6202 Hospodářská politika a správa
Studijní obor: 6202T010 Finance
Téma: Optimalizace akciového portfolia pro drobného investora
Optimization of Stock Portfolio for a Small Investor
Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod
2. Popis finančních trhů
3. Popis vybraných modelů optimalizace portfolia
4. Ověření aplikovatelnosti vybraných modelů optimalizace portfolia
5. Závěr

Seznam použité literatury

Seznam zkratek

Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Seznam příloh

Přílohy

Seznam doporučené odborné literatury:

ADAMS, A., P. BOOTH, D. BOWIE and D. FREETH. *Investment mathematics*. Chichester: Wiley, 2003. ISBN 0-471-99882-6.

BODIE, Z., A. KANE and A. J. MARCUS. *Investments and portfolio management*. 9th ed., global ed. New York: McGraw-Hill/Irwin, 2011. ISBN 978-0-07-128914-6.

ZMEŠKAL, Z., D. DLUHOŠOVÁ a T. TICHÝ. *Finanční modely: koncepty, metody, aplikace*. 3. přeprac. a rozšíř. vyd. Praha: Ekopress, 2013. ISBN 978-80-86929-91-0.

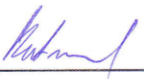
Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.


Vedoucí diplomové práce: **doc. Ing. Aleš Kresta, Ph.D.**

Datum zadání: 23.11.2018

Datum odevzdání: 26.04.2019





Ing. Iveta Ratmanová, Ph.D.
vedoucí katedry


prof. Dr. Ing. Zdeněk Zmeškal
děkan fakulty

„Prohlašuji, že jsem celou práci, včetně všech příloh, vypracoval samostatně.“

V Ostravě dne 26. dubna 2019


.....
Bc. Petr Uvíra

Poděkování

Rád bych poděkoval panu doc. Ing. Aleši Krestovi, Ph.D. za cenné rady, věcné připomínky, vstřícnost při konzultacích a vypracování diplomové práce.

Obsah

| | |
|--|-----------|
| 1 Úvod | 4 |
| 2 Popis finančních trhů | 6 |
| 2.1 Finanční trh | 6 |
| 2.2 Účastníci trhu | 7 |
| 2.3 Globalizace finančních trhů | 7 |
| 2.4 Členění finančních trhů | 8 |
| 2.4.1 Peněžní trh | 9 |
| 2.4.2 Kapitálový trh | 10 |
| 2.4.3 Trhy s cizími měnami | 11 |
| 2.4.4 Trhy drahých kovů | 12 |
| 2.5 Struktura trhu cenných papírů | 12 |
| 2.5.1 Primární trhy cenných papírů | 13 |
| 2.5.2 Sekundární trhy cenných papírů | 15 |
| 2.6 Finanční aktiva | 17 |
| 2.6.1 Dluhopisy | 18 |
| 2.6.2 Akcie | 20 |
| 2.6.3 Finanční deriváty | 23 |
| 3 Popis vybraných modelů optimalizace portfolia | 24 |
| 3.1 Výpočet veličin pro jedno aktivum | 24 |
| 3.2 Výpočet veličin pro portfolio aktiv | 25 |
| 3.3 Zrod teorie portfolia | 27 |
| 3.4 Tvorba optimálního portfolia aktiv | 28 |
| 3.4.1 Markowitzův model | 29 |
| 3.4.2 Blackův model | 32 |
| 3.4.3 Value at Risk | 32 |
| 3.4.4 Naivní strategie 1/n | 34 |
| 4 Ověření aplikovatelnosti vybraných modelů optimalizace portfolia | 37 |
| 4.1 Charakteristika vstupních dat | 38 |
| 4.2 Analýza základních veličin | 42 |
| 4.3 Aplikace vybraných modelů optimalizace portfolia v in-sample období | 44 |
| 4.3.1 Naivní strategie | 45 |
| 4.3.2 Markowitzův model | 49 |
| 4.3.3 Blackův model | 53 |
| 4.3.4 Value at Risk | 56 |
| 4.4 Aplikace vybraných modelů optimalizace portfolia v out-of-sample období | 58 |
| 4.4.1 Naivní strategie | 58 |
| 4.4.2 Markowitzův model | 60 |
| 4.4.3 Blackův model | 63 |
| 4.4.4 Value at Risk | 65 |
| 4.5 Komparace obou období a vypočtených strategií | 67 |
| 4.5.1 Výběr nejvhodnějšího akciového portfolia pro drobného investora v out-of-sample období | 75 |
| 5 Závěr | 77 |
| Seznam použité literatury | 79 |
| Seznam zkratk | 82 |
| Prohlášení o využití výsledků diplomové práce | |
| Seznam příloh | |
| Přílohy | |

1 Úvod

Akcie jako finanční instrument jsou velmi rizikovým aktivem. Oproti dluhopisům je jejich riziko zpravidla mnohonásobně větší, protože dopředu nelze přesně určit, pouze odhadnout, co se bude dít s trhem, co se může stát s daným podnikem, zda se stane nějaká katastrofa atd. Existuje mnoho faktorů, které ovlivňují cenu akcií. Investování do akcií je proto hodně zrádné. Pořízení aktiva do portfolia je značně složité, protože ne všechna aktiva jsou vzhledem k jejich riziku tolik výnosná. Proto je dobré ohodnotit vnitřní hodnotu akcií například pomocí fundamentální analýzy a poté se rozhodnout, zda dané akcie do portfolia zařadit. Dalším způsobem pro stanovení ideálního složení portfolia mohou být modely, které jsou v rámci diplomové práce řešeny.

Cílem diplomové práce je za pomoci modelů Markowitze, Blacka, metody Value at Risk a naivní strategie stanovit optimální portfolio akcií pro drobného investora a ověřit, zda jsou dané modely aplikovatelné v praxi.

Diplomová práce je tvořena pěti kapitolami, kde první kapitolou je úvod a poslední pátou kapitolou závěr.

V druhé kapitole diplomové práce je popsán finanční trh jako celek, účastníci trhu a jeho rozdělení. V neposlední řadě jsou zde popsána některá finanční aktiva, která jsou na finančním trhu obchodována.

Ve třetí kapitole jsou popsány základní veličiny akcií a způsob jejich výpočtu, dále jsou popsány a definovány jednotlivé metody pro stanovení optimálního portfolia akcií a způsob jejich výpočtu. Jsou zde také představeny předpoklady a charakteristika řešených modelů. Zároveň je v této části popsáno, jak vznikla teorie portfolia a způsob tvorby optimálního portfolia aktiv.

Ve čtvrté, praktické části diplomové práce jsou zobrazeny základní veličiny vypočtené ze vstupních dat, kterými jsou týdenní ceny akcií. Historické týdenní ceny akcií jsou pro vyřešení modelů nezbytné. Základními veličinami se rozumí střední hodnoty týdenních výnosů a směrodatné odchylky 29 akcií, které jsou přepočteny na roční bázi a vychází z reálných dat. Akcie zařazené do předmětu analýzy byly součástí indexu Dow Jones Industrial Average k 8. 4. 2004. Časová perioda, která je předmětem analýzy, je rozdělena do dvou období trvajících celkem 14 let. Prvním je

in-sample období trvající od roku 2005 do roku 2010, které slouží k nalezení optimálního složení portfolií dle modelů Markowitze, Blacka a metody VaR. Pro naivní strategii je složení vzhledem k množství akcií zařazených do předmětu analýzy již známo, takže není provedena optimalizace a je investováno do všech akcií stejným dílem. Váhy portfolií dle všech modelů stanovené v in-sample období jsou nezbytné pro výpočet portfolií v out-of-sample období, což je období druhé trvající od roku 2011 do roku 2018. Následně jsou všechny modely, které byly popsány ve třetí kapitole řešeny pro obě období. Nakonec je provedena komparace obou období a stanoveno optimální portfolio pro drobného investora. Poslední, pátá kapitola je závěr.

2 Popis finančních trhů

Tato kapitola je věnována popisu finančního trhu jako celku, jeho jednotlivých částí a značná část je také věnována popisu finančním aktivům. Nejdříve je finanční trh popsán jako celek, kde hrají velkou roli jeho účastníci a v současné době i globalizace finančních trhů. Poté je finanční trh rozčleněn do různých skupin dle specifických hledisek. Důležitou úlohu zde hraje popis trhu cenných papírů, kde jsou mimo jiné podrobněji popsány hlavní finanční aktiva, jakožto akcie, dluhopisy či finanční deriváty. V rámci této kapitoly se vychází z odborné literatury Rejnuš (2014), Sekerka (1996), Musílek (2002), Polách (2002), Jílek (1997, 2009), Sharpe a Alexander (1994), Fabozzi, Modigliani a Jones (2014), Bodie, Kane a Marcus (2011).

2.1 Finanční trh

Pro správné fungování celé ekonomiky je nezbytné, aby správně fungoval finanční systém a všechny jeho složky, mezi které patří například trhy, instituce, legislativa a v neposlední řadě i regulace. Díky dobře fungujícímu finančnímu systému a jeho složek lze realizovat finanční transakce mezi subjekty. Jedna z hlavních funkcí finančních trhů je přesun kapitálu od jednoho subjektu k subjektu druhému.

O finančních trzích lze konstatovat, že tvoří nedílnou část celého finančního systému napříč celou zeměkoulí a není možné, aby finanční trh fungoval samostatně. V každé ekonomice je finanční trh považován za hlavního zprostředkovatele a jeho hlavní úlohou je zabezpečit transformaci úspor do investic. Ve své podstatě se dá říci, že finanční trh slouží k přemísťování peněz od subjektů, kteří mají nadbytek finančních prostředků k těm deficitním, kteří nedisponují toliko penězi, ale o to víc je mohou efektivně využít. Takhle lze definovat hlavní poslání finančních trhů. Nabídka s poptávkou se stejně jako všude v ekonomice střetává i na finančních trzích, kde nabízející jsou věřitelé a poptávající dlužníci. Jedná se o nabídku a poptávku po penězích, kapitálu či finančních nástrojích, která mimo jiné určuje i cenu obchodovaného aktiva. Velkou roli zde hraje dobré jméno, důvěryhodnost a stabilita trhu. Čím více je trh atraktivní pro investory, tím více investorů bude na daném trhu investovat a naopak.

2.2 Účastníci trhu

Mezi účastníky finančních trhů patří domácnosti, podnikatelské subjekty, vlády, státní vládní agentury, místní úřady, nadnárodní společnosti, mezinárodní organizace a v neposlední řadě také nezbytný regulátor finančních trhů. Díky těmto subjektům je trh činný a podporuje poptávku a nabídku po penězích. Jsou to zejména účastníci trhu, kdo rozhoduje o tom, jaká bude cena finančního aktiva a jakým směrem bude trh směřovat.

2.3 Globalizace finančních trhů

Díky globalizaci finančních trhů skrze celý svět je možné získat finanční prostředky z jiných zemí bez omezení domácího finančního trhu. Toto omezení není ani v případě investic do finančních aktiv, které jsou vydány na trhu domácím. Globalizace tedy znamená integraci a propojení finančních trhů na celém světě do velkého mezinárodního finančního trhu.

Mezi hlavní faktory vedoucí k integraci finančních trhů patří:

- deregulace a liberalizace trhů a uvolnění činností účastníků trhu v klíčových finančních centrech světa,
- technologický pokrok ve sledování světových trhů, provádění příkazů a analýzy finančních příležitostí,
- zvýšená institucionalizace finančních trhů.

Globální konkurence přinutila vlády k deregulaci a liberalizaci svých finančních trhů zejména z toho důvodu, aby jejich finanční trhy byly konkurenceschopné a efektivní vzhledem k ostatním trhům po celém světě.

Technologický pokrok zvýšil integraci a efektivitu globálního finančního trhu. Pokroky v telekomunikačních systémech spojují účastníky trhu po celém světě, což zapříčinilo značné zrychlení obchodování. Pokroky jsou zaznamenány hlavně v počítačové technologii spolu s vyspělými telekomunikačními systémy, které poskytují v reálném čase informace o cenách a dalších veličin, které jsou pro účastníky trhu důležité. Investoři díky sledování globálních trhů mohou lépe zhodnotit, jaký dopad budou mít tyto informace na profil rizika a výnosů jejich portfolií. Výrazně zlepšený výpočetní výkon umožňuje okamžitou manipulaci s informacemi trhu v reálném čase,

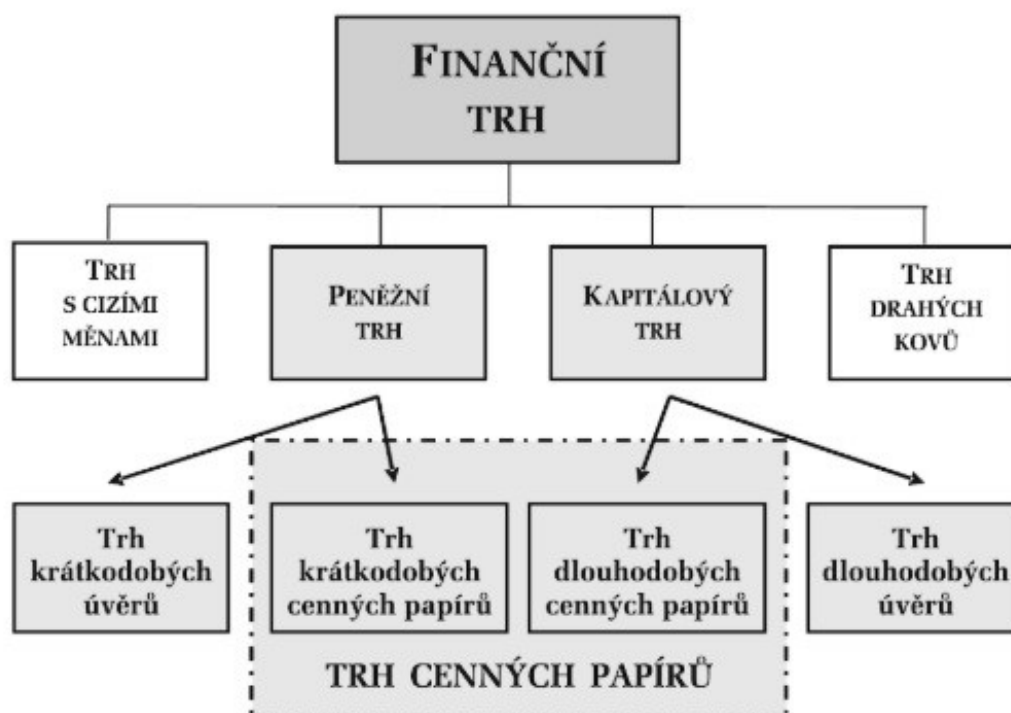
což může inklinovat k identifikaci možné příležitosti arbitráže. Jakmile jsou tyto příležitosti zjištěny, tak telekomunikační systémy k tomu určené umožní rychlé provedení obchodních příkazů například signálu k nákupu či prodeji.

Americké finanční trhy se přesunuly od nadvlády drobných investorů (jednotlivců) k doméně finančních institucí jako jsou penzijní fondy, pojišťovny, podílové fondy, komerční banky a spořitelny a úvěrové asociace. Přesun finančních trhů z dominantního postavení drobných investorů k institucionálním investorům se nazývá institucionalizace finančních trhů. Totéž se děje v jiných průmyslových zemích, které se tak inspirovaly americkými finančními trhy. Na rozdíl od drobných investorů jsou institucionální investoři více ochotni převádět finanční prostředky přes národní hranice, aby zlepšili diverzifikaci portfolií anebo využili nesprávného ocenění finančních aktiv v zahraničí. Studie dokázaly, že diverzifikace portfolia související s globálním investováním má řadu výhod a zvýšily tak zájem a povědomí investorů o globálním investování.

2.4 Členění finančních trhů

Finanční trh jako celek lze rozčlenit dle několika hledisek s tím, že nejčastější způsob rozčlenění se přiřazuje jednotlivým druhům finančních instrumentů. Každý druh finančního instrumentu je přiřazen do takového segmentu, ve kterém se daný finanční instrument obchoduje. V následujícím obrázku 2.1 je finanční trh rozdělen do segmentů, dle kterých se finanční instrumenty obchodují. Jedná se o trh peněžní a kapitálový, dále poměrně specifické trhy s cizími měnami a trhy drahých kovů. Peněžní trh je následně rozdělen na trh krátkodobých úvěrů a trh krátkodobých cenných papírů, kapitálový trh je zaměřen také na úvěry a cenné papíry, ale v dlouhodobém měřítku. Trh krátkodobých a dlouhodobých cenných papírů je sjednocen v jeden trh, čímž je trh cenných papírů.

Obrázek 2.1: Členění finančního trhu



Zdroj: Rejnuš (2014, str. 61)

2.4.1 Peněžní trh

Peněžní trh charakterizuje jeho krátkodobost, kde je splatnost finančních nástrojů zpravidla kratší než jeden rok. Rejnuš (2014, str. 61) definuje peněžní trh následovně: „Na peněžním trhu se subjekty s přechodným přebytkem peněžních prostředků setkávají se subjekty, které je vzhledem k jejich přechodnému nedostatku poptávají. Pokud se jedná o základní vlastnosti finančních nástrojů, které se na tomto trhu obchodují, jejich typickou společnou vlastností je krátká doba jejich splatnosti, a to zpravidla pouze do jednoho roku.“

Krátkodobé nástroje finančního trhu jsou též nazývány jako nástroje peněžního trhu a v rámci peněžního trhu se s nimi obchoduje. Oproti dlouhodobějším nástrojům lze říci, že se jedná o bezpečnější investice hlavně kvůli faktu, že jejich ceny nejsou tolik volatilní. Tento fakt z logického hlediska omezuje možnou výnosnost a také snižuje riziko. Vzhledem k tomu, že splatnost těchto instrumentů je kratší jednomu roku, tak lze říci, že mohou dostatečně dobře zajišťovat ekonomickým subjektům likviditu a zároveň slouží jako možnost ke krátkodobým spekulacím. Za hlavní úlohy a funkce peněžního trhu lze označit možnost financovat podnikový provozní kapitál

a poskytovat krátkodobé úvěry či půjčky domácnostem, firmám, vládám a vládním institucím.

Z obrázku 2.1 je zřejmé, že peněžní trh je rozdělen na trh krátkodobých úvěrů a trh krátkodobých cenných papírů.

Na **trhu krátkodobých úvěrů** lze poskytovat krátkodobé úvěry ať už za pomoci bankovních institucí, respektive obchodních bank, finančních institucí či subjektů, které k tomu mají oprávnění v podobě licence, anebo podnikatelských subjektů. Tyto podnikatelské subjekty si mezi sebou navzájem poskytují obchodní úvěry, které jsou nejčastěji používány v rámci dodávky zboží či služeb. Tento segment zahrnuje i možnost uzavření krátkodobého úvěru v rámci bankovního sektoru, které si poskytují obchodní banky navzájem. Obchodní banky mají také možnost vypůjčit si krátkodobé prostředky, které jim poskytne centrální banka daného státu. Pochopitelně zde hraje velkou roli i samotný stát, který se také může účastnit úvěrových operací. Součástí tohoto segmentu jsou v neposlední řadě i krátkodobé vklady domácností, podniků, obcí anebo státních agentur, které si u obchodních bank či jiných finančních institucí majících ono oprávnění či licenci ukládají peníze. Obchodní banka si pak tyto finanční prostředky vypůjčuje od vkladatele a sama se stává dlužníkem. To samé se týká i obchodních bank či státu, kteří mají účet vedený u centrální banky.

Hlavním cílem **trhu krátkodobých cenných papírů** je, aby ekonomické subjekty, které poptávají peníze, měly dostatek peněžních prostředků, čehož je docíleno opětovným nabízením cenných papírů těmito subjekty vhodným subjektům, které jejich cenné papíry mají zájem koupit a nadále s nimi disponovat. Tuto operaci lze provést za pomoci specializovaných finančních institucí anebo přímo mezi subjekty navzájem. Mezi nejhojněji využívané nástroje (krátkodobé cenné papíry) lze zařadit směnky, pokladniční poukázky, depozitní certifikáty či akceptační úvěry.

2.4.2 Kapitálový trh

Na kapitálovém trhu se obchodují zejména investiční finanční instrumenty, které se vyznačují splatností delší než jeden rok. Jedná se tedy o dlouhodobé finanční instrumenty, které jsou určeny k dlouhodobému financování investic podniků, domácností či vlád. Střetává se zde nabídka a poptávka po volném kapitálu, který nabízející mohou investovat. Díky obchodovatelným cenným papírům dochází k lepší alokaci peněžních prostředků. Kapitálový trh lze rozdělit na dva segmenty, a to na trh

dlouhodobých úvěrů a trh dlouhodobých cenných papírů. Oproti peněžnímu trhu je trh kapitálový značně rizikovější hlavně kvůli jeho dlouhodobějšímu charakteru, což je ovšem kompenzováno tím, že výnosnost u finančních instrumentů kapitálového trhu je zpravidla větší. Likvidita, která hraje v rámci investování obrovskou roli, je vzhledem k rizikovosti a dlouhodobému charakteru nižší než u trhu peněžního. Riziko se zvyšuje nejen s dobou splatnosti investice, ale i s výší peněžní částky, která je investována do daného finančního instrumentu. Na kapitálovém trhu se obchoduje s větším objemem investovaných prostředků.

Dlouhodobé úvěry bývají zpravidla poskytovány obchodními bankami či jinými finančními institucemi. Za dlouhodobé úvěry lze požadovat také dlouhodobé vklady od zápůjčních subjektů zejména bankovním institucím. Dlouhodobými vklady se myslí vklady s dobou splatnosti delší než jeden rok. Kvůli většímu objemu zapůjčených finančních prostředků a jejich dlouhodobosti je díky velké míře rizika ručeno reálným majetkem, nejčastěji nemovitostmi.

Mezi nejvýznamnější druhy finančních nástrojů kapitálového trhu patří bezesporu akcie a dluhopisy neboli obligace. Stěžejním rozdílem a zároveň předností **trhu dlouhodobých cenných papírů** je oproti trhu dlouhodobých úvěrů převoditelnost. Dlouhodobé cenné papíry jsou obchodovatelné na kapitálovém trhu. Největší výhodou je to pro investory, kteří nemusejí držet aktivum až do doby splatnosti, ale mohou jej prodat i dříve. Prodejem investor získá nazpět likvidní prostředky buďto s určitým ziskem anebo ztrátou. Emitenti svými emisemi získávají poměrně rychle a vcelku objemné finanční prostředky, které mohou dále použít pro svou činnost či k nákupu reálných investic. Operace na trhu dlouhodobých cenných papírů několikanásobně převyšují operace na trhu dlouhodobých úvěrů, což způsobuje velké riziko pro zabezpečující subjekty, kterými jsou hlavně bankovní instituce. Investoři často diverzifikují své riziko nákupem více druhů rizikových instrumentů. V případě nákupu odlišných druhů investičních instrumentů investory je podstupované riziko podstatně nižší. Investoři dle svého uvážení mohou obměňovat strukturu svého portfolia dle jejich přístupu k riziku.

2.4.3 Trhy s cizími měnami

Trh s cizími měnami lze rozdělit na dva základní segmenty, a to na trhy devizové a trhy valutové. Oba dva segmenty ovšem mají určité odlišnosti.

Na **devizovém trhu** je obchodováno s devizami, což jsou bezhotovostní formy cizích měn, které se mezi sebou v rámci trhu směňují. Díky směnitelnosti měn je utvářen kurz měn samotných. Hlavními hráči v rámci těchto velkoobchodních transakcí jsou hlavně dealeři obchodních bank a velkou roli hrají nakupující a prodávající deviz, kteří obchodují na svůj účet prostřednictvím různých platforem. Mezi významné subjekty patří také brokeři, kteří zprostředkovávají obchody s cennými papíry či měnami na účet svých zákazníků, kterým zprostředkovávají obchod. Dealer se oproti brokerovi liší tím, že obchoduje na svůj účet. Pro obchodování s devizami slouží například devizové burzy, kde se ovšem obchoduje spíše s termínovými kontrakty. Mimoburzovně se uzavírají kontrakty, které jsou uzavírány v současné době, jedná se o obchody promptní (spotové).

Valutovými trhy jsou myšleny trhy s papírovými penězi a mincemi, takže se jedná o trhy s hotovostními formami cizích měn. Obchodují se za tzv. valutové kurzy, které jsou odvozovány z kurzů devizových. Valutové obchody neslouží k tvoření kurzu, pouze kolem něj oscilují. S valutovými kurzy se setkáváme například ve směnárnách či na pokladnách bank, proto lze říci, že mají spíše maloobchodní charakter oproti kurzům devizovým.

2.4.4 Trhy drahých kovů

Trhy zlata a stříbra jsou všeobecně považovány a řazeny mezi nejdůležitější trhy drahých kovů. Dalšími významnými drahými kovy jsou platina a paladium, které zde bývají zařazeny také. Díky své hmotné povaze se v podstatě jedná o komodity. Drahé kovy mají dlouhodobě stálou hodnotu, jedná se tedy o druhy komodit, které jsou vysoce ceněné a značně příznivě ohodnocené.

2.5 Struktura trhu cenných papírů

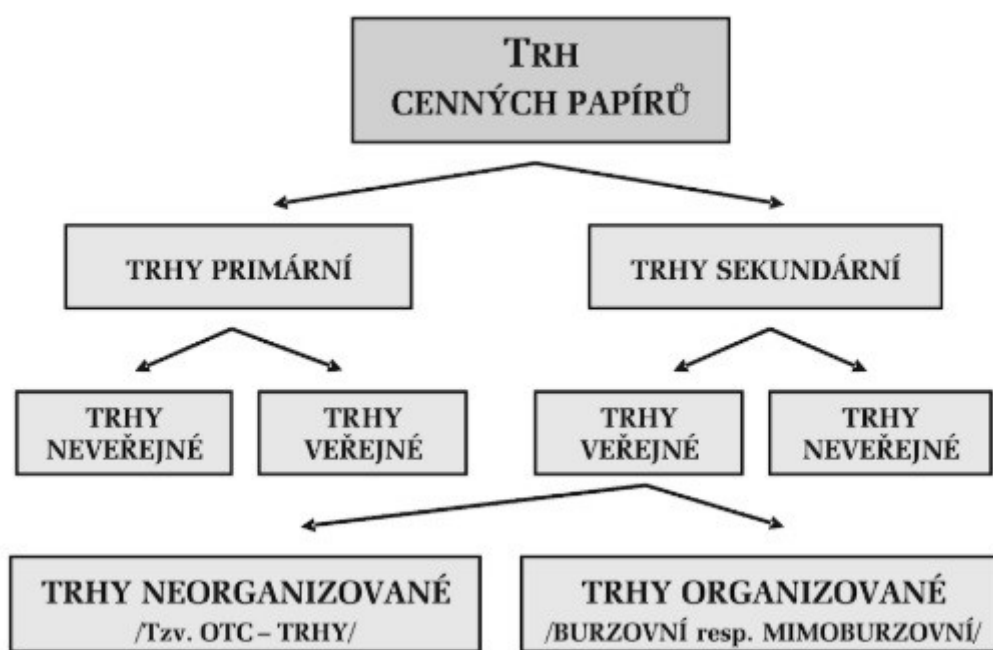
Musílek (2002, str. 31) definuje trh cenných papírů následovně: „*Trhem cenných papírů rozumíme systém ekonomických vztahů a institucí zprostředkujících soustředění, alokaci a realokaci volných peněžních prostředků prostřednictvím cenných papírů nebo instrumentů, které jsou odvozeny od různých druhů finančních instrumentů (finanční deriváty).*“ Samotný cenný papír definuje Jílek (1997, str. 43) následovně: „*Cenným papírem (security) se rozumí obchodovatelný (tj. převoditelný)*

finanční nástroj v tom smyslu, že nástroj lze nakoupit a prodat. Právě vlastnost obchodovatelnosti je důležitá, aby se daný nástroj považoval za cenný papír.“

Na tomto trhu se obchodují cenné papíry krátkodobé i dlouhodobé, s tím, že krátkodobé jsou součástí trhu peněžního a cenné papíry dlouhodobé trhu kapitálového. Krátkodobými cennými papíry jsou myšleny zejména krátkodobé dluhopisy, které jsou splatné za krátkou dobu, naopak splatnost dlouhodobých cenných papírů, mezi které patří například akcie či dluhopisy, je dlouhodobá. V případě akcií a jim podobných instrumentů se jedná o tzv. „životnost nekonečnou“.

Trh cenných papírů lze rozčlenit dle několika hledisek, ale nejčastěji se dělí dle následujícího obrázku 2.2 na trhy primární a sekundární.

Obrázek 2.2: Základní členění trhu cenných papírů



Zdroj: Rejnuš (2014, str. 65)

2.5.1 Primární trhy cenných papírů

Na primárním trhu získává subjekt emitující cenné papíry, tzv. emitent, nové dlouhodobé peněžní zdroje od investorů, které může použít k financování svých investic. Primární trh zahrnuje distribuci nově emitovaných cenných papírů, kde emitentem může být stát, popřípadě jeho agentury, korporace či obce. Nové emise na

primárním trhu lze rozdělit na vyzrálé a nevyzrálé cenné papíry, kde za vyzrálé cenné papíry je považována nová emise již dříve vydaných cenných papírů a za nevyzrálé cenné papíry lze požadovat takové cenné papíry, které jsou poprvé nabízeny veřejnosti na trhu cenných papírů. V druhém případě se jedná o tzv. IPO (Initial Public Offering) neboli počáteční veřejnou nabídku. Na primárním trhu dochází k přenosu peněžních prostředků od investora k vypůjčitel, kde vypůjčitel je emitentem, který prodává emitované cenné papíry prvnímu nabyvateli výměnou za finanční prostředky. Primární trh a jeho emitenti jsou závislí na trhu sekundárním, a to hlavně z toho důvodu, že na trhu sekundárním se vytváří cena finančního aktiva, které je na sekundárním trhu obchodováno. Krom určení tržní ceny je sekundární trh také určitý informátor o likviditě daného aktiva.

Na **veřejných trzích** jako celku, bez ohledu, zda se jedná o primární či sekundární, jde o to, že se jej mohou zúčastnit všichni a cenné papíry jsou pak prodávány za nejvyšší nabídnutou cenu.

Vzhledem k **veřejným trhům primárním** mohou emitenti své cenné papíry umisťovat na veřejný trh řadou způsobů, kde je ovšem nejvýznamnějším způsobem velká reklamní kampaň, která má investory přimět ke koupi. Nově emitované cenné papíry se tak předem inzerují s očekáváním, že se investoři přihlásí ke koupi sami.

Primární či sekundární trhy na **neveřejných trzích** se vyznačují tím, že se obchodní kontrakty uzavírají smluvně. Obchody se uzavírají buďto osobní dohodou kupujícího a prodávajícího anebo prostřednictvím zprostředkovatele, který za kupujícího a prodávajícího dohodne obchod. Prodávající v těchto případech nabízí cenné papíry dle dohody pouze jednomu anebo přesně stanovenému okruhu osob.

K dojednání obchodních podmínek na **neveřejném trhu primárním** dochází ještě dříve, než k samotnému obchodu dojde. Emitent se na tomto trhu dohodne s investory o prodeji svých cenných papírů ještě před novou emisí, tím se vyvaruje zbytečných nákladů emise, protože je přesně vytyčený objem nové emise. Jedná se o tzv. „uzavřené emise“.

Další možností může být situace, kdy emitent cenných papírů nabídne všechny své cenné papíry v nové emisi pouze jednomu zájemci, který si všechny nově emitované cenné papíry zařadí ve prospěch svého portfolia. V tomto případě se tomuto jedinému zájemci říká tzv. „emisní tvůrce“.

2.5.2 Sekundární trhy cenných papírů

Rejnuš (2014, str. 66) definuje sekundární trh cenných papírů následovně: *„Na sekundárním trhu se prodávají již dříve do oběhu uvedené cenné papíry. Z toho vyplývá, že funkce sekundárního trhu spočívá ve stanovování jejich tržních cen a zajišťování jejich likvidity. To investorům usnadňuje zpětnou přeměnu cenných papírů v hotové peníze a umocňuje jejich zájem o další finanční investice“*

Na sekundárním trhu cenných papírů jsou obchodovány cenné papíry, které již byly emitovány dříve. Investor zde již nemá žádnou vazbu na emitenta cenného papíru a v případě změny vlastníka cenného papíru peněžní prostředky přechází pouze mezi investory navzájem.

Emitent cenných papírů - ať už je to korporace nebo vládní jednotka – může získat na sekundárním trhu pravidelné informace o hodnotě aktiva. Pravidelné obchodování s aktivem odhaluje emitentovi konsenzuální cenu, kterou aktivum má na otevřeném trhu. Firmy tak mohou zjistit, jakou hodnotu investoři přiřkládají svým akciím, a firmy či emitenti mimo korporace mohou sledovat ceny svých dluhopisů a implikované úrokové sazby, které od nich investoři očekávají a poptávají.

Objem obchodů na sekundárním trhu je mnohem rozsáhlejší, než je tomu na trhu primárním zejména z toho důvodu, že cenné papíry se zde obchodují pořád dokola, kdežto na primárním trhu se cenné papíry prodávají pouze jednou v rámci emise. Toto ovšem platí pouze na trhu dlouhodobých cenných papírů. V případě trhu krátkodobých cenných papírů je objem realizovaných obchodů na primárním trhu razantně vyšší než v případě dlouhodobých cenných papírů.

Veřejný trh sekundární lze definovat jako trh, kde současní majitelé cenných papírů prodávají své vlastněné cenné papíry potencionálním novým nabyvatelům. Je zde tedy obchodováno s již dříve vydanými cennými papíry, které jsou již v oběhu. Veřejné sekundární trhy lze dělit na veřejné sekundární organizované trhy a veřejné sekundární neorganizované trhy.

Rejnuš (2014, str. 67) definuje **veřejné sekundární organizované trhy** následovně: *„Veřejné sekundární organizované trhy jsou zpravidla reprezentovány burzami nebo případně i jinými (mimoburzovními) licencovanými organizátory veřejného trhu. Jejich činnost spočívá v tom, že agregují předem neomezenou*

veřejnou nabídku a poptávku, párují (podle přesně určeného algoritmu) vzájemně si odpovídající obchodní příkazy, čímž umožňují vznik spravedlivých tržních cen, které se v těchto případech označují jako „kurzy“, a zároveň zvyšují likviditu trhu.“

1. Veřejné sekundární organizované trhy – burzovní trhy

Nedílnou část tržního prostředí tvoří ve vyspělých zemích burzy, které svou činností přispívají k tvorbě kurzů (tržních cen). Mezi další činnosti, které burzy vykonávají, patří utváření cenového systému sloužící k ocenění finančních instrumentů, které se na oné burze obchodují. Cenový systém je vytvářen jak pro finanční, tak pro reálné investiční nástroje. Burza patří mezi stěžejní instituce tržního prostředí, které je jimi ovlivňováno. Výhodou může být existence burz, které jsou odlišné svým zaměřením. Burzovní trhy oplývají svou nezaměnitelnou funkcí tvůrce kurzu s možností jeho ovlivnění, protože takřka řídí a ovlivňují sekundární trhy a s tím úzce související primární trhy. Velikost objemů uzavíraných kontraktů je závislá na významnosti a stupni prestiže, kterou daná burza má. Významnost a prestiž burzy ovlivňuje možnost obchodování kvalitních a světově uznávaných cenných papírů. V současné době jsou z hlediska obchodovaných druhů finančních nástrojů nejvýznamnější burzy cenných papírů, zejména burzy akciové a v neposlední řadě také burzy komoditní.

Obchody na burze podléhají burzovním zákonům a pravidlům, které je třeba ctít. V dřívější době burzy fungovaly na prezenčním způsobu, kde se shromažďovaly osoby přímo na burze, jednalo se o tzv. burzovní parket. V současné době burzy fungují na elektronickém principu, který se realizuje prostřednictvím počítačů například skrze člena burzy či brokera.

2. Veřejné sekundární organizované trhy – mimoburzovní trhy

Mimo licencované burzy existuje ve vyspělých zemích také řada mimoburzovních trhů, které jsou organizované. Ačkoliv se zaměřují na podobnou činnost jako burzy, tak nemají statut burzy, nicméně obchody jsou zde uzavírány zpravidla ve velkých objemech. Jako příklad organizovaného trhu mimoburzovního lze uvést RM-Systém, který do roku 2008 takto fungoval. V následujícím roce již získal statut burzy cenných papírů.

Tyto instituce podobné burzám lze označit jako organizátory mimoburzovních trhů. Jedná se zde zejména o trhy, které disponují licenci, kterou jim udělil svrchovaný regulátor, ale nepodléhají zpravidla regulaci burzovního zákonodárství. Dále se může jednat o finanční instituce, které mohou provozovat obchodní systémy a mají povolení k tomuto podnikání. Mimoburzovní obchody jsou tak realizovány přímo mezi bankami, investičními firmami nebo institucionálními investory.

Na **veřejných sekundárních neorganizovaných trzích** se obchoduje značně větší část, než je tomu na veřejných sekundárních trzích organizovaných, kde se obchoduje jen určitá část z obíhajících cenných papírů. Obchoduje se hlavně skrze banky, institucionální a soukromé obchodníky obchodující s cennými papíry. Z hlediska regulace je tento trh zpravidla regulován méně. Obchod probíhá na OTC trzích, tzv. „prodej přes přepážku“.

Obchod spočívá ve zprostředkování obchodu pro zájemce, který má zájem buďto koupit nebo prodat cenné papíry, prostřednictvím bank či jiných obchodníků s cennými papíry. K obchodu dochází skrze informační systém, který vzájemně propojuje finanční instituce, které následně zprostředkují daný obchod s cennými papíry pro onoho zájemce.

Prodej či nákup cenných papírů na sekundárních trzích je ve většině států povolen mezi potenciálními kupci a současnými vlastníky cenných papírů přímo, což představuje **neveřejné trhy sekundární**. V těchto případech je obchod prováděn buďto přímo mezi subjekty, kteří se obchodu mají zájem zúčastnit, anebo prostřednictvím specializovaných finančních zprostředkovatelů. Obchody jsou pak potvrzeny v rámci smluvních dohod přímo za platnosti individuálně sjednaných podmínek zúčastněných stran.

2.6 Finanční aktiva

Aktivem, v širším slova smyslu, je jakýkoli majetek, se kterým je spojena určitá hodnota. Aktiva mohou být klasifikována jako hmotná nebo nehmotná. Hmotným majetkem jsou aktiva, jejichž hodnota závisí na konkrétních fyzických vlastnostech, které vytvářejí onu hodnotu. Příkladem jsou budovy, strojní zařízení popřípadě jiná reálná aktiva. Nehmotný majetek naopak představuje nárok na některé budoucí benefity či zisky. Jejich hodnota nemá žádnou souvislost s fyzickou nebo jinou formou. Finanční majetek je majetek nehmotný.

Finančními aktivy se vyznačují taková aktiva, která jsou určena k nákupu či prodeji. Tato aktiva mohou být součástí portfolia investora. Obchodují se na finančních trzích a jejich hlavní znaky odlišující jednotlivé druhy finančních aktiv jsou výnos, riziko a likvidita. Aktiva jsou obchodována zpravidla za účelem zisku a vyznačují se dle doby splatnosti na krátkodobá a dlouhodobá.

U finančních aktiv je typickou výhodou nárok na budoucí majetek, který se odvíjí od hodnoty v daném okamžiku. Budoucí hodnotu majetku lze určitými způsoby predikovat.

Finanční aktiva mají dvě hlavní ekonomické funkce. První funkcí je přenášení finančních prostředků od těch, kteří mají přebytečné prostředky (investoři) k těm, kteří potřebují finanční prostředky na investice do hmotných aktiv (emitenti). Investoři chtějí zhodnotit své investované peněžní prostředky a emitenti chtějí přijatý kapitál efektivně využít. Druhou ekonomickou funkcí je přenášet finanční prostředky takovým způsobem, aby bylo riziko spojené s investicí diverzifikováno.

Běžně se rozlišují tři typy finančních aktiv: aktiva s pevným výnosem (dluhopisy), aktiva s podílením se na vlastním kapitálu společnosti (akcie) a finanční deriváty.

2.6.1 Dluhopisy

Jílek (2009, str. 99) formuluje definici dluhopisu následně: *„Dluhopis je cenný papír, s nímž je spojeno právo majitele požadovat splacení jmenovité hodnoty a vyplacení výnosů z dluhopisu. Jmenovitá hodnota je splatná jednorázově k určitému datu, nebo splátkami ve stanovených termínech.“*

Dluhopisy (obligace) znějí na doručitele neboli majitele, anebo na jméno. Za předpokladu, že se jedná o dluhopis na jméno, tak lze převést na druhého majitele rubopisem. Povinnost emitenta dluhopisu je v řádném časovém termínu, který je ve smlouvě stanoven, splatit jmenovitou (nominální) hodnotu buďto jednorázově anebo ve sjednaných termínech. Možné je i předčasné splacení dluhopisu, pokud si jej emitent vyjednal. U některých druhů dluhopisu má majitel dluhopisu možnost vyžádat od emitenta splacení dluhopisu před lhůtou splatnosti, což může vést k velkým finančním problémům emitenta anebo naopak k ušetření nákladů, protože mu odpadá povinnost vyplácet úroky z dluhopisu.

Existuje celá řada typů a druhů dluhopisů například komunální, státní, zaměstnanecké, hypotéční zástavní listy, konvertibilní dluhopisy, které lze převést na akcie emitenta, bankovní dluhopisy, věčné dluhopisy tzv. konzoly apod.

Dluhopisy jsou definovány společně s jejich náležitostmi v zákoně č. 190/2004 Sb., zákon o dluhopisech, ve znění pozdějších předpisů.

Dluhopis obsahuje alespoň:

- *„označení „dluhopis“, nejde-li o krytý dluhopis, státní pokladniční poukázku nebo poukázku České národní banky,*
- *údaj o druhu dluhopisu, který lze uvést i odkazem na emisní podmínky, nejde-li o dluhopis, se kterým není spojeno žádné zvláštní právo,*
- *údaje identifikující emitenta,*
- *jmenovitou hodnotu jako dlužnou částku,*
- *výnos dluhopisu, nebo údaj o tom, že výnos je určen rozdílem mezi jmenovitou hodnotou dluhopisu a jeho emisním kurzem; anebo je z dluhopisu aspoň zřejmé, že dluhopis je bez výnosu nebo kde se lze s tím, jak je výnos určen, seznámit,*
- *datum nebo jiný okamžik splacení (dále jen „datum splatnosti“) dlužné částky (splacení dluhopisu), případně informaci o tom, že má být dlužná částka splacena splátkami,*
- *údaje identifikující vlastníka dluhopisu, nejde-li o zaknihovaný dluhopis,*
- *podpis emitenta, nejde-li o zaknihovaný dluhopis,*
- *číselné označení dluhopisu, nejde-li o zaknihovaný dluhopis,*
- *datum emise.“*

Významnými druhy dluhopisů jsou dluhopisy bezkuponové (zero-coupon bond) a kuponové. **Bezkuponový (diskontovaný) dluhopis** je nejjednodušší z dluhopisů. Emitent se v tomto případě zavazuje splatit vlastníkově dluhopisu nominální hodnotu v den splatnosti, přitom je prodáván na sekundárním a primárním trhu za cenu nižší, než je jeho nominální hodnota. Rozdílu prodejní ceny a nominální hodnoty se říká

diskont, který představuje zisk z dluhopisu pro vlastníka dluhopisu. Ziskem tedy není pravidelné vyplácení kuponu. V případě **dluhopisu s kuponem** jsou vlastníkově vypláceny pravidelné platby mezi emisí a dobou splatnosti nominální hodnoty. Na konci doby splatnosti je emitentem vyplacena nominální hodnota.

Dluhové cenné papíry jsou zavázány buďto na pevný tok příjmů, nebo tok příjmů určený dle podmínek vztahující se k cennému papíru. Například podnikový dluhopis je obvykle zavázán tím, že držitel (vlastník) dluhopisu obdrží každý rok fixní částku úroku. Jedná se o **dluhopis s pevným výnosem**. Další tzv. **dluhopis s pohyblivou sazbou** se zavazuje za platby, které závisí na aktuálních úrokových sazbách.

Výkonnost dluhových cenných papírů je typicky nejvíce spojena s finančním stavem emitenta. Cenné papíry s pevným výnosem jsou z hlediska splatnosti a hodnoty velmi rozmanité. Na peněžním trhu se jedná o dluhové cenné papíry, které jsou krátkodobé, vysoce obchodovatelné zpravidla s velmi nízkou hodnotou. Příkladem dluhových cenných papírů na peněžním trhu jsou státní pokladniční poukázky nebo bankovní certifikáty. Naproti tomu kapitálový trh s pevnými výnosy zahrnuje dlouhodobé cenné papíry, jako jsou státní dluhopisy, stejně jako dluhopisy vydané státními agenturami, obcemi a korporacemi. K posouzení rizikovosti dluhopisů přispívají ratingové agentury, které určují rizikovost jednotlivých států či firem a udělují jim ratingové hodnocení.

2.6.2 Akcie

Na rozdíl od dluhových cenných papírů představují akcie vlastnický podíl. Podílníkům (akcionářům) není slíbena žádná platba jako je tomu u dluhopisů, mohou obdržet pouze dividendy, které může firma vyplácet v případě rozhodnutí valné hromady vyplácet dividendy. Pokud je firma úspěšná, hodnota vlastního kapitálu se zvýší a tím se zvýší i hodnota podniku. Pro akcionáře je žádoucí zvyšující se hodnota podniku. Výkonnost akcií je proto přímo vázána na úspěch firmy, a proto jsou investice do akcií rizikovější než investice do dluhových cenných papírů.

Sekerka (1996, str. 9) definuje akcii následovně: *„Akcie je cenný papír, s nímž jsou spojena práva akcionáře jako společníka podílet se na řízení společnosti, na jejím zisku a na likvidačním zůstatku při zániku společnosti.“*

Akcie jsou definovány společně se stanovení jejich náležitostí v zákoně č. 90/2012 Sb., zákon o obchodních korporacích, ve znění pozdějších předpisů.

Akcie obsahuje:

- *„označení, že jde o akcii,*
- *jednoznačnou identifikaci společnosti,*
- *jmenovitou hodnotu,*
- *označení formy akcie, ledaže akcie byla vydána jako zaknihovaný cenný papír,*
- *u akcie na jméno jednoznačnou identifikaci akcionáře,*
- *údaje o druhu akcie, popřípadě i s odkazem na stanovy.“*

Tyto náležitosti se nepoužívají v případě, že to vyžaduje povaha zaknihovaného cenného papíru. Akcie mohou být vydávány v listinné nebo zaknihované podobě v souladu se zákonem.

Nejčastěji se akcie dělí podle druhu na akcie kmenové a prioritní. V některých literaturách se uvádí jako třetí typ akcie zaměstnanecké. Existují i různé varianty těchto akcií.

Kmenové akcie jsou majetkové cenné papíry a představují majetkové podíly ve společnosti. Každý podíl na kmenových aktivech opravňuje svého vlastníka k jednomu hlasování o veškerých záležitostech správy a řízení společností, které jsou předmětem hlasování na valné hromadě společnosti. Majitel kmenové akcie se podílí na finančních výnosech z vlastnictví.

Velmi důležité charakteristiky kmenových akcií jsou jeho zbytkové pohledávky a omezené závazky. Zbytkové pohledávky znamenají, že akcionáři jsou posledními v souladu se všemi, kteří mají nárok na aktiva a příjmy společnosti. Při likvidaci majetku společnosti mají akcionáři nárok na to, co zbylo, až poté, co byly zaplacený všechny ostatní závazky, jako jsou daně, zaměstnanecké mzdy, dodavatelské smlouvy, závazky vůči držitelům dluhopisů a prioritních akcií apod. U firmy, která není v likvidaci, mají akcionáři nárok na část příjmů, která zůstala po zaplacení všech závazků, úroků a daní. Vedení společnosti může tento zůstatek buď vyplatit akcionářům jako

hotovostní dividendy, nebo je reinvestovat do podnikání za účelem zvýšení hodnoty akcií.

Prioritní akcie mají vlastnosti podobné dluhopisům. Stejně se jako dluhopis zavazuje, že každoročně zaplatí držiteli pevné částky příjmu. Prioritní akcie má ovšem nekonečnou splatnost. Podoba dluhopisu je také v tom, že neposkytuje hlasovací právo týkající se řízení firmy. Prioritní akcií je však investice do akcií nikoliv do dluhopisů. Akcionář vlastníci prioritní akcie disponuje přednostním právem na výplatu dividend, nicméně firma nemá žádnou smluvní povinnost tyto dividendy platit. Firma pak dividendy obvykle kumuluje. Kumulované dividendy musí být vyplaceny v plné výši dříve, než mohou být vyplaceny dividendy držitelům kmenových akcií. Firma má naopak smluvní povinnost vyplácet úroky z dluhu.

V rámci legislativních opatření existuje u prioritních akcií jisté znevýhodnění a to takové, že jejich objem nesmí překročit 50 % základního kapitálu společnosti.

Prioritní akcie se také liší od dluhopisů svou daňovou uznatelností. Vzhledem k tomu, že prioritní akcie jsou považovány spíše za dividendy než za úroky, nejsou pro firmu daňově odpočitatelné.

I když se prioritní akcie řadí po dluhopisech z hlediska priorit svých pohledávek na aktiva firmy v případě bankrotu podniku, tak se prioritní akcie často prodávají s nižšími výnosy, než je tomu u korporátních dluhopisů.

Nejvyšším orgánem akciové společnosti je **valná hromada akcionářů**. Členové **představenstva** jsou voleni na valné hromadě, která se setkává několikrát za rok. Představenstvo řídí činnost společnosti a jedná jejím jménem. Jedná se o statutární orgán. Manažeři mají pravomoc přijímat většinu obchodních rozhodnutí bez zvláštního souhlasu valné hromady. **Dozorčí rada** má povinnost dohlížet na výkon působnosti představenstva, aby se ujistili, že jedná v nejlepším zájmu akcionářů.

Akcionáři, kteří se neúčastní valné hromady mohou hlasovat prostřednictvím zmocněnce, který může za akcionáře hlasovat. Manažeři společnosti obvykle disponují značnou volností k tomu, aby byla firma řízena dle jejich vlastního uvážení, protože vlastníci akcií nedohlíží každý den na firmu, což může vést k tomu, že manažeři sledují své vlastní cíle, které nejsou v nejlepším zájmu akcionářů. Vlastníci akcií, tedy akcionáři, jsou totiž ti, kteří skutečně vlastní firmu.

Akcionáři mají omezené ručení, což znamená, že většina akcionářů může v případě selhání společnosti ztratit pouze svou původní investici. Nejsou osobně odpovědní za závazky firmy.

2.6.3 Finanční deriváty

Derivátové cenné papíry jsou definovány tak, že jejich hodnota vychází z cen ostatních aktiv, respektive podkladových aktiv. Existují dva základní typy derivátových nástrojů a to futures/forwardové kontrakty a opční kontrakty. **Termínová nebo forwardová smlouva** je dohoda, podle níž se dvě strany dohodnou na transakci s určitým finančním aktivem za předem stanovenou cenu k určenému budoucímu datu. Jedna strana souhlasí s koupí finančního aktiva a druhá strana souhlasí s prodejem finančního aktiva. Obě strany jsou povinny plnit a ani jedna strana neúčtuje poplatek.

Smlouva o opcích dává majiteli smlouvy právo, nikoli však povinnost, koupit (nebo prodat) finanční aktivum za stanovenou cenu od (nebo do) jiné strany. Kupující je povinen zaplatit prodejci poplatek, který se nazývá opční cena či prémie. Pokud tato opce uděluje majiteli opce právo na nákup finančního aktiva od druhé strany jedná se o nákupní (call) opci. Pokud však opce udělí majiteli opce právo prodat finanční aktivum druhé straně, tato opce se nazývá prodejní (put) opce. Derivátové nástroje nejsou omezeny na finanční aktiva. Existují odvozené nástroje zahrnující komodity a drahé kovy. Podkladovým aktivem mohou být například akciový index nebo úroková míra, úvěrový spread nebo devizový kurz. Kromě toho existují i jiné typy derivátových nástrojů, které jsou v podstatě "balíčky" buď forwardových nebo opčních smluv. Patří mezi ně swapové kontrakty, dále cap anebo floor.

Deriváty se staly nedílnou součástí investičního prostředí a poskytují emitentům a investorům poměrně levnou cestu k ovládnutí některých významných rizik. Primárním využitím derivátů je zajišťovat rizika nebo je předávat jiným stranám. Používání těchto cenných papírů pro řízení rizik je dnes hojně využíváno. Deriváty mohou být také použity k získání vysoce spekulativních pozic. Deriváty jsou velmi rizikové a mohou vést k velkým ztrátám, ale i přesto hrají a nadále budou hrát důležitou roli ve skladbě portfolia a ve finančním systému.

Kromě těchto finančních aktiv mohou jednotlivci investovat přímo do některých reálných aktiv. Například do nemovitostí či komodit, jako jsou drahé kovy nebo zemědělské produkty. Tato reálná aktiva by tak mohla tvořit část investičního portfolia.

3 Popis vybraných modelů optimalizace portfolia

Tato kapitola je zaměřena zejména na vybrané modely pro stanovení optimálního portfolia finančních aktiv a jejich teoretický popis. V rámci diplomové práce jsou analyzovány modely Markowitze a Blacka, které jsou v rámci teorie portfolia stěžejní. Důležitou roli zde hraje i popis samotné teorie portfolia, ze které modely vycházejí. Popsán je také způsob výpočtu očekávané výnosnosti aktiv a celého portfolia, dále rozptyly a směrodatné odchylky aktiv a celého portfolia. Pro portfolio pak je popsán způsob výpočtu kovarianční a korelační matice. V této kapitole je popsána také metoda Value at Risk a naivní strategie.

Kapitola je zpracována především s využitím publikací Zmeškal, Dluhošová a Tichý (2013), Sharpe a Alexander (1994), Musílek (2002), Polách (2002), Jílek (1997, 2009), Fabozzi, Modigliani a Jones (2014), Bodie, Kane a Marcus (2011), Adams, Booth, Bowie and Freeth (2003), Jones (1991), Reilly a Brown (2015), Kresta (2016), Benninga a Czaczkes (1997).

3.1 Výpočet veličin pro jedno aktivum

Pro výpočet výnosu a rizika je třeba znát historická data, díky kterým existuje předpoklad, že očekávaný výnos aktiva se rovná průměrné hodnotě skutečných výnosů za daný časový okamžik. Výnos představuje zhodnocení daného aktiva za dané časové období. Výnosy jednotlivých akcií mohou být počítány spojitě či diskrétně. **Výnos spojitý** lze vypočítat následovně:

$$R_{i,t} = \ln \frac{P_{i,t}}{P_{i,t-1}} = \ln P_{i,t} - \ln P_{i,t-1}, \quad (3.1)$$

kde $R_{i,t}$ je spojitý výnos i -tého aktiva v čase t , $P_{i,t}$ je cena i -tého aktiva v čase t a $P_{i,t-1}$ je cena i -tého aktiva v čase $t-1$.

Diskrétní výnos jednotlivých akcií se vypočítá následovně:

$$R_{i,t} = \frac{P_{i,t} - P_{i,t-1}}{P_{i,t-1}}, \quad (3.2)$$

kde $R_{i,t}$ je diskrétní výnos i -tého aktiva v čase t , $P_{i,t}$ je cena i -tého aktiva v čase t a $P_{i,t-1}$ je cena i -tého aktiva v čase $t-1$.

Očekávaný výnos aktiva je pro investory velmi důležitý, lze jej vyjádřit jako průměr diskretních či spojitých výnosů. Očekávaný výnos lze odhadnout vztahem:

$$E(R_i) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N R_{i,t}, \quad (3.3)$$

kde $E(R_i)$ je střední hodnota výnosu aktiva (očekávaný výnos daného aktiva), N je počet období, které jsou sledovány a $R_{i,t}$ jsou jednotlivé výnosy aktiv v daném období.

Rozptyl aktiva je třeba vypočítat pro stanovení rizika daného aktiva pomocí směrodatné odchylky. Rozptyl lze vypočítat následovně:

$$\sigma^2(R_i) = \frac{1}{N} \cdot \sum_{t=1}^N [R_{i,t} - E(R_i)]^2, \quad (3.4)$$

kde $\sigma^2(R_i)$ je rozptyl výnosu i -tého aktiva, N je počet sledovaných období, $R_{i,t}$ je výnos i -tého aktiva v čase t a $E(R_i)$ je střední (očekávaná) hodnota výnosu aktiva.

Směrodatná odchylka vyjadřuje riziko aktiva a lze ji vypočítat jako odmocninu rozptylu. Vyšší směrodatná odchylka znamená vyšší podstupované riziko u daných aktiv. Směrodatná odchylka je dána vztahem:

$$\sigma(R_i) = \sqrt{\sigma^2(R_i)}, \quad (3.5)$$

kde $\sigma(R_i)$ je směrodatná odchylka výnosu i -tého aktiva a $\sigma^2(R_i)$ je rozptyl výnosu i -tého aktiva.

3.2 Výpočet veličin pro portfolio aktiv

Střední hodnota výnosu portfolia neboli **očekávaný výnos portfolia aktiv** lze vypočítat jako vážený průměr očekávaných výnosů aktiv zařazených do portfolia vynásobený jejich relativním zastoupením v portfoliu. Následujícím vztahem jej lze odhadnout:

$$E(R_P) = \sum_{i=1}^n x_i \cdot E(R_i), \quad (3.6)$$

kde $E(R_P)$ je očekávaný výnos portfolia, x_i je podíl i -tého aktiva v portfoliu, n je počet aktiv v portfoliu, $E(R_i)$ je očekávaný výnos daného aktiva.

Rozptyl portfolia lze vypočítat následovně:

$$\sigma_P^2 = \sum_i \sum_j x_i \cdot x_j \cdot \sigma_{ij}, \quad (3.7)$$

kde σ_P^2 je rozptyl portfolia, x_i je váha i -tého aktiva v portfoliu, x_j je podíl j -tého aktiva v portfoliu a σ_{ij} je kovariance mezi i -tým a j -tým aktivem.

Směrodatná odchylka portfolia, která je odmocninou rozptylu portfolia, se vypočítá vzorcem:

$$\sigma_P = \sqrt{\sigma_P^2}, \quad (3.8)$$

kde σ_P je směrodatná odchylka portfolia a σ_P^2 je rozptyl portfolia.

Kovariance zkoumá statistickou závislost mezi dvěma aktivy a může nabývat hodnot $\sigma_{ij} \in \langle -\infty; \infty \rangle$. Aktiva jsou statisticky nezávislá, pokud je kovariance rovna nule. Čím blíže je výsledná hodnota nule, tak tím menší statistická závislost mezi dvěma aktivy existuje. Vyšší hodnota kovariance znamená vyšší závislost dvou aktiv. Pokud je kovariance záporné hodnoty, tak se jedná o negativní závislost. Kovarianci lze vypočítat vztahem:

$$\sigma_{ij} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{t=1}^n [R_{i,t} - E(R_i)] \cdot [R_{j,t} - E(R_j)], \quad (3.9)$$

kde σ_{ij} je kovariance mezi i -tým a j -tým aktivem, n je počet aktiv v portfoliu, $R_{i,t}$ je výnos i -tého aktiva v čase t , $E(R_i)$ je očekávaný výnos i -tého aktiva, $R_{j,t}$ je výnos j -tého aktiva v čase t a $E(R_j)$ je očekávaný výnos j -tého aktiva.

Korelace vyjadřuje vzájemný vztah dvou aktiv. Korelace může dosahovat hodnot v intervalu $\langle -1; 1 \rangle$. V případě hodnoty korelačního koeficientu rovné -1 lze říci, že se jedná o nepřímou neboli negativní závislost. V případě kladné jedničky se jedná o přímou pozitivní závislost. Za předpokladu hodnoty korelačních koeficientů rovných 0 se jedná o nekorelované proměnné, tudíž mezi nimi neexistuje žádná lineární závislost. Korelaci je dána vztahem:

$$\rho_{ij} = \frac{\sigma_{ij}}{\sigma_i \cdot \sigma_j}, \quad (3.10)$$

kde ρ_{ij} je korelace mezi i -tým a j -tým aktivem, σ_{ij} je kovariance mezi i -tým a j -tým aktivem, σ_i je směrodatná odchylka i -tého aktiva a σ_j je směrodatná odchylka j -tého aktiva.

Stanovení bohatství portfolia

Pokud jsou již vypočítány portfolia aktiv, tak lze zjistit ex-post vývoj jejich bohatství, respektive investorovo bohatství v případě investování do daných portfolií. Pokud je výsledek (výnos) vypočteného portfolia kladný, tak se bohatství investora navýší. Opačně tomu je v případě záporného výnosu, tedy ztráty, které bohatství snižuje. Konečné bohatství z držení portfolia aktiv lze stanovit následně:

$$W_1 = W_0 \cdot (1 + r_p), \quad (3.11)$$

kde W_1 je konečné bohatství, W_0 je bohatství počáteční a r_p je výnos portfolia aktiv za danou periodu např. týden či rok.

3.3 Zrod teorie portfolia

Na počátku padesátých let minulého století vytvořil Harry Markowitz základní model portfolia, který je základem moderní teorie portfolia. Poprvé se o něm zmínil v článku "Portfolio Selection", který publikoval v roce 1952. To znamenalo začátek nového typu investičního výzkumu a analýzy založeného na myšlence využití statistických měření rozptylu jako měřítka rizika.

Před Markowitzem se investoři a ekonomové příliš nezajímali o spojitost výnosu a rizika, ale věděli o její existenci. I když znali pojem rizika, obvykle se jej ani nepokoušeli vyčíslit. Nicméně, investoři již mnoho let intuitivně věděli, že je třeba své investice vhodně diverzifikovat. Markowitz ukázal, že směrodatná odchylka míry výnosnosti je smysluplným měřítkem rizika portfolia. Důležitější ovšem je, že odvodil vzorec pro výpočet rozptylu portfolia. Tento vzorec rozptylu portfolia nejenže naznačoval význam diverzifikace investic ke snížení celkového rizika portfolia, ale také ukázal, jak efektivně diverzifikovat. Markowitz tedy jako první formálně rozvinul koncepci diverzifikace portfolia. Kvantifikoval, proč a jak diverzifikace portfolia napomáhá investorovi ke snížení rizika portfolia. Markowitz se snažil najít odpověď na otázku, zda je riziko portfolia rovno součtu rizik jednotlivých cenných papírů.

Markowitz jako první odvodil očekávaný výnos a riziko portfolia s tím, že je jeho model založen na očekávané výnosnosti a rizika cenných papírů. Markowitz byl také první, kdo odvodil koncept efektivního portfolia definovaného jako to, které má nejmenší riziko pro danou úroveň očekávaného výnosu nebo největší očekávaný výnos pro danou úroveň rizika. Investoři mohou identifikovat efektivní portfolia určením očekávané výnosnosti portfolia a minimalizací rizika portfolia na této úrovni výnosnosti. Alternativně mohou specifikovat úroveň rizika portfolia, kterou jsou ochotni akceptovat, a maximalizovat očekávanou výnosnost portfolia pro tuto úroveň rizika. Racionální investoři budou hledat efektivní portfolia, protože tato portfolia slibují maximální očekávaný výnos pro specifikovanou úroveň rizika nebo minimální riziko pro konkrétní očekávaný výnos. Pro stanovení efektivního souboru portfolií je nutné stanovit očekávaný výnos a směrodatnou odchylku výnosnosti každého portfolia.

3.4 Tvorba optimálního portfolia aktiv

Jednou ze základních a také stěžejních úloh finančního modelování je právě hledání optimálního portfolia finančních aktiv. V účelové funkci jsou v tomto případě nejčastěji náhodné veličiny jako jsou ceny či výnosy. Vzhledem k zahrnutí těchto náhodných veličin je úloha formulována nejčastěji jako stochastická. Dané účelové funkce lze dle povahy rozčlenit na dvě skupiny.

Rozhodovací kritérium pro první skupinu tvoří kritérium střední hodnoty funkce užitku, jakožto jedno z nejpropracovanějších kritérií, co se teorie týče. Kritérium střední hodnoty funkce užitku je založeno na několika axiomech a to: srovnatelnosti, tranzitivity, substituce a jistotním ekvivalentu. Toto kritérium slouží jako základ pro stanovení spotřebních a portfolio modelů, které jsou na tomto kritériu založeny. Za předpokladu splnění daných podmínek lze úlohu formulovat na bázi mean-variance modelu. Mean-variance model znamená, že rozdělení pravděpodobnosti lze vyjádřit pouze dvěma parametry, a to střední hodnotou a rozptylem, respektive směrodatnou odchylkou.

Podmínky pro formulování úlohy na bázi M-V (*musí být splněna alespoň jedna ze tří*):

- náhodné veličiny mají normální (Gaussovo rozdělení), či alespoň eliptické rozdělení pravděpodobnosti,

- užitková funkce má kvadratický tvar,
- v případě, že užitková funkce nemá kvadratický tvar, tak ji lze aproximovat pomocí Taylorova rozvoje II. stupně, což je ve finále kvadratická funkce.

Druhou skupinu tvoří manažerská kritéria, která se nazývají safety first, neboli bezpečnost především. Snaží se vytvořit takové portfolio, aby bylo co nejvíce eliminováno od extrémních ztrát. Smyslem těchto kritérií je tedy předcházet a eliminovat neočekávané velké ztráty. Do těchto kritérií lze zařadit například tato kritéria: Value at Risk, minimalizace podmíněné střední hodnoty ztráty (Shortfall) a minimalizace ukazatele RAROC.

3.4.1 Markowitzův model

Markowitzův model je řazen mezi mean-variance modely. Existují zde předpoklady, na kterých je model založen. Mezi tyto předpoklady patří:

- vychází se zde ze střední hodnoty funkce užitku a vše se převádí na výnos (střední hodnota výnosu) a riziko (vyjádřeno pomocí rozptylu),
- není možné investovat do bezrizikových aktiv, pouze do rizikových,
- není povolen krátký prodej,
- jedná se o statický model, který lze použít jen na jedno období,
- investor je averzní k riziku,
- aktiva jsou nekonečně dělitelná,
- informačně dokonalý trh,
- zanedbávají se transakční náklady a daně.

Pro zjištění efektivního portfolia je nutné nejdříve nalézt krajní body efektivní množiny. Jeden bod je dán jako portfolio s minimálním rizikem a druhý bod představuje maximální očekávaný výnos portfolia. Následně je nutné formulovat úlohy pro stanovení vnitřních portfolií efektivní množiny. Proto je nezbytné formulovat tři typy úloh.

Formulace úlohy pro efektivní portfolio s minimálním rizikem

ÚČELOVÁ FUNKCE

$$\sigma_P \rightarrow \min. \quad (\text{ÚF})$$

OMEZUJÍCÍ PODMÍNKY

$$\sum_i x_i = 1, \quad (\text{P1})$$

$$x_i \geq 0, \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, N, \quad (\text{P2})$$

$$\text{kde} \quad \sigma_P = \sqrt{\sum_i \sum_j x_i \cdot \sigma_{ij} \cdot x_j} = \sqrt{\vec{x}^T \cdot C \cdot \vec{x}}. \quad (\text{R1})$$

Cíl a výslednou hodnotu této úlohy představuje účelová funkce. V tomto případě vyjadřuje účelová funkce hledanou minimální směrodatnou odchylku portfolia. Podmínka (P1) představuje možnost investovat pouze tolik prostředků, kolik je k dispozici. Je stanovena tak, že součet všech relativních podílů x_i je roven jedné. Jelikož u tohoto modelu není povolen krátký prodej, tak zde existují podmínky nezápornosti, které představují podmínky (P2). Rovnice (R1) představuje rovnici pro výpočet směrodatné odchylky portfolia.

Formulace úlohy pro efektivní portfolio s maximálním očekávaným výnosem

ÚČELOVÁ FUNKCE

$$E(R_P) \rightarrow \max. \quad (\text{ÚF})$$

OMEZUJÍCÍ PODMÍNKY

$$\sum_i x_i = 1, \quad (\text{P1})$$

$$x_i \geq 0, \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, N, \quad (\text{P2})$$

$$\text{kde} \quad E(R_P) = \sum_i x_i \cdot E(R_i) = \vec{x}^T \cdot E(\vec{R}) \quad (\text{R1})$$

Tato úloha vyjadřuje účelovou funkci představující maximalizaci očekávaného výnosu portfolia při daných omezeních. Omezující podmínky (P1) a (P2) jsou stejné jako v předchozí úloze. Pomocí rovnice (R1) je formulován výpočet střední hodnoty výnosu hledaného portfolia. Řešením této úlohy je nalézt optimální složení portfolia při maximalizaci očekávaného výnosu. Tuto úlohu není třeba řešit, protože je předem znám očekávaný výnos portfolia z důvodu toho, že se zde investuje pouze do jedné

akcie s největším výnosem. Hodnota směrodatné odchylky portfolia s maximálním očekávaným výnosem je proto známa také.

Pro stanovení efektivních vnitřních portfolií je nutné stanovit ekvidistantní interval, který je dán vztahem,

$$ekvidistantní\ interval = \frac{E(R_{P_{max}}) - E(R_{P_{min}})}{P_N - 1}, \quad (3.12)$$

kde $E(R_{P_{max}})$ je očekávaný výnos krajního portfolia s maximálním očekávaným výnosem, $E(R_{P_{min}})$ je očekávaný výnos krajního portfolia s minimálním rizikem a P_N je celkový počet portfolií v analyzovaném období.

Následně je nutné provést dopočet předem stanovených generovaných očekávaných výnosů $E(R_{P-generované})$ pro vnitřní efektivní portfolia. Tento dopočet se provede za pomoci vzorce:

$$E(R_{P-generované}) = E(R_{P_{vyp-1}}) + ekvidistantní\ interval, \quad (3.13)$$

kde $E(R_{P-generované})$ je předem stanovený (generovaný) očekávaný výnos portfolia a $E(R_{P_{vyp-1}})$ je očekávaný výnos předcházejícího portfolia.

Formulace úlohy pro efektivní vnitřní portfolia

ÚČELOVÁ FUNKCE

$$\sigma_P \rightarrow \min. \quad (ÚF)$$

OMEZUJÍCÍ PODMÍNKY

$$\sum_i x_i = 1, \quad (P1)$$

$$x_i \geq 0, \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, N, \quad (P2)$$

$$E(R_{P_{vyp}}) = E(R_{P-generované}), \quad (P3)$$

$$\text{kde} \quad \sigma_P = \sqrt{\sum_i \sum_j x_i \cdot \sigma_{ij} \cdot x_j} = \sqrt{\vec{x}^T \cdot C \cdot \vec{x}}, \quad (R1)$$

$$E(R_P) = \sum_i x_i \cdot E(R_i) = \vec{x}^T \cdot E(\vec{R}) \quad (R2)$$

U této úlohy účelová funkce vyjadřuje minimalizaci směrodatné odchylky, která představuje riziko efektivního portfolia. Omezující podmínky (P1) a (P2) jsou stejné

jako v předchozích úlohách. Poslední podmínka (P3) představuje, že očekávaný výnos $E(R_{P_{vyp}})$ efektivního portfolia bude shodný s požadovanou střední hodnotou výnosu $E(R_{P-generované})$ v ekvidistančním bodě, který je stanoven předem dle (3.13).

3.4.2 Blackův model

Blackův model je řazen také mezi mean-variance modely. Předpoklady tohoto modelu jsou stejné jako v modelu dle Markowitze ovšem s jednou výjimkou. Tou výjimkou je, že je model rozšířen o možnost krátkého prodeje.

Postup stanovení efektivní množiny je stejný jako u Markowitze. Nejdříve je potřeba nalézt krajní body efektivní množiny, tzn. jeden bod pro tzv. minimální riziko a druhý bod pro stanovení maximálního očekávaného výnosu. Poté je třeba formulovat úlohy pro vnitřní portfolia efektivní množiny.

Zjišťování efektivních množin a postup Blackova modelu je velmi podobný Markowitzově modelu. I v Blackově modelu je nutné formulovat tři typy úloh, jako je tomu v Markowitzově modelu. Úlohy u obou modelů jsou shodné. Jedinou výjimku ve shodnosti modelů lze vidět v podmínce (P2) u Markowitzova modelu, která je odlišná od podmínky (P2') v modelu Blacka.

Podmínka (P2') v Blackově modelu

$$\sum |x_i| \leq 3, \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, N. \quad (P2')$$

Tato podmínka (P2') představuje omezenost krátkodobého prodeje ve výši disponibilních finančních prostředků. Pro větší reálnost tohoto modelu součet absolutních hodnot vah nesmí přesáhnout 300 %.

3.4.3 Value at Risk

Metoda Value at Risk (VaR) je řazena mezi manažerská kritéria hodnocení rizika. V současné době je tato metoda hojně využívána finančními institucemi, zejména bankami a pojišťovnami, které jsou nuceny touto metodou stanovovat rizika v rámci regulačních opatření a její výsledky jsou úzce sledovány risk manažery. Pro banky je stanovena metodologie VaR dle Baselu II, u pojišťoven dle Solvency II. Metoda Value at Risk slouží k eliminaci potenciálně velkých ztrát. Jedná se o rozvinutou a velmi praktickou metodu. Zmeškal, Dluhošová a Tichý (2013, str. 122) definuje VaR takto:

„pojem Value at Risk (VaR) – hodnota rizika, která je definována jako nejmenší predikovaná ztráta na zadané hladině rizika (pravděpodobnosti) za určitou časovou periodu.“ Zisk se v tomto případě dá vyjádřit jako záporná ztráta. V praxi je nejběžnější odhad ztráty na 5% hladině významnosti α , což znamená, že s 95 % nebude ztráta větší než hodnota VaR.

Myšlenku o VaR lze zapsat následujícím způsobem:

$$\Pr(\Delta\tilde{I} \leq -VaR) = \alpha. \quad (3.14)$$

Z hlediska vypočtení hodnoty VaR je nejdříve žádoucí určit sdružené rozdělení pravděpodobnosti přírůstku hodnoty portfolia aktiv ($\Delta\tilde{I}$), které slouží k následnému odvození hodnoty VaR na hladině významnosti α .

Nutností pro odvození a následné propočtení hodnoty VaR je dle Zmeškal, Dluhošová a Tichý (2013) existence těchto předpokladů:

- stanovení VaR pro portfolio aktiv,
- přírůstek hodnoty portfolia aktiv je vyjádřen pomocí výnosů,

$$\Delta\tilde{I} = \tilde{V}_T - V_t = V_t \cdot \tilde{r}_p = \sum_i x_i \cdot \tilde{r}_i, \quad (3.15)$$

kde $V_t(\tilde{V}_T)$ představuje výchozí či následně predikovanou hodnotu portfolia, \tilde{r}_p je náhodný výnos portfolia, x_i je absolutní množství peněz, které je investováno (vloženo) do i -tého aktiva, $V_t = \sum_i x_i$ a \tilde{r}_i představuje náhodný výnos i -tého aktiva,

- náhodné výnosy aktiv mají normální rozdělení.

Za platnosti těchto předpokladů lze pak hodnotu VaR analyticky odvodit až do své konečné podoby, kterou udává účelová funkce úlohy pro minimalizaci hodnoty Value at Risk.

Matematická formulace úlohy pro minimalizaci hodnota VaR

ÚČELOVÁ FUNKCE

$$VaR = -E(R_p) - \Phi_{\alpha}^{-1} \cdot \sigma_p \rightarrow \min. \quad (\text{ÚF})$$

OMEZUJÍCÍ PODMÍNKY

$$\sum_i x_i = V_0, \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, N, \quad (\text{P1})$$

$$x_i \geq p \cdot V_0, \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, N, \quad (\text{P2})$$

$$x_i \leq V_0, \quad \text{pro } i = 1, 2, \dots, N, \quad (\text{P2})$$

$$\text{kde} \quad E(R_p) = \sum_i E(R_i) \cdot x_i = E^T(\vec{R}) \cdot \vec{x}, \quad (\text{R1})$$

$$\sigma_p^2 = \vec{x}^T \cdot C \cdot \vec{x} = \sum_i \sum_j x_i \cdot \sigma_{ij} \cdot x_j, \quad (\text{R2})$$

$$\sigma_{ij} = \sigma_i \cdot \rho_{ij} \cdot \sigma_j. \quad (\text{R3})$$

$E(R_p)$ představuje střední hodnotu výnosu portfolia, σ_p je směrodatná odchylka výnosu portfolia aktiv, VaR je hodnota ztráty v peněžních jednotkách, Φ_{α}^{-1} představuje inverzní funkci k distribuční funkci normovaného normálního rozdělení na hladině pravděpodobnosti α , x_i je množství peněz, které investor investuje do jednotlivých aktiv, p je koeficient vyjadřující požadovaný minimální podíl aktiva v portfoliu, σ_{ij} je kovariance mezi i -tým a j -tým aktivem, C je kovarianční matice.

V tomto případě vyjadřuje účelová funkce hledanou minimální hodnotu VaR pro její analytické vyjádření na dané hladině pravděpodobnosti α . Podmínka (P1) představuje celkovou částku investovanou do portfolia aktiv. Podmínka (P2) stanovuje jakou minimální částku investovat do jednoho aktiva a podmínka (P3) určuje, že do jednoho aktiva není možné investovat víc, než má investor k dispozici. K propočtu parametrů portfolií slouží rovnice (R1), (R2) a (R3), kde rovnice (R1) a (R2) představují formulace výpočtu střední hodnoty a rozptylu portfolia, rovnice (R3) představuje výpočet kovariance mezi i -tým a j -tým aktivem.

3.4.4 Naivní strategie 1/n

Naivní strategie je jednoduchá investiční strategie, kde dochází k rozdělení disponibilních finančních prostředků mezi dostupná finanční aktiva stejným poměrem, který je dán vzorcem (3.16). Každé aktivum má v tomto případě stejnou váhu, což znamená rovnoměrnou alokaci investovaných prostředků do jednotlivých

investičních možností. V literaturách zabývajících se investičními strategiemi bylo zdokumentováno, že se investoři přiklánějí k jednoduchým pravidlům sloužícím k sestavení portfolia. Naivní strategie je vzhledem ke své jednoduchosti investory hojně využívána, a to i přes to, že se nejedná o optimalizační strategii.

Matematicky lze naivní strategii formulovat dle následujícího vztahu,

$$v = 1_n \cdot \frac{1}{n}, \quad (3.16)$$

kde n je počet dostupných finančních aktiv.

Sharpeho poměr

William Sharpe, jehož příspěvky k teorii portfolia byly velmi rozsáhlé, zavedl měřítko výkonnosti portfolia nazvané původně jako reward-to-variability-ratio (míra odměny k volatilitě), dnes tzv. Sharpeho poměr. Sharpeho poměr je v současnosti považován za nejznámější míru pro měření výkonnosti portfolia. Sharpe jej v období 1954 - 1963 použil k hodnocení výkonnosti 34 podílových fondů. Sharpeho poměr využívají zejména investiční manažeři fondů. Vzhledem k tomu, že v čitateli je riziková prémie portfolia, lze tuto míru označit jako návratnost rizikové premie na jednotku celkového rizika, které je vyjádřeno směrodatnou odchylkou. Riziková prémie vyjadřuje odměnu za podstoupené riziko. Čím vyšší je míra, tím lepší je výkonnost portfolia. Vzhledem k tomu, že se jedná o relativní měřítko výkonnosti portfolia, lze jej proměnně snadno použít na různá portfolia, a proto při porovnání dvou strategií by se investor měl přiklonit ke strategii s vyšší hodnotou Sharpeho poměru. Sharpeho poměr se vypočte vzorcem:

$$\text{Sharpeho poměr} = \frac{E(R_P) - R_F}{\sigma_P}, \quad (3.17)$$

kde $E(R_P)$ je střední hodnota výnosu portfolia, R_F je bezriziková sazba a σ_P je směrodatná odchylka portfolia.

Maximální pokles (Maximum drawdown)

Kromě Sharpeho poměru lze mezi ukazatele míry výkonnosti portfolia zařadit indikátor maximálního poklesu, který lze označit za ukazatel rizika, protože určuje maximální procentuální pokles hodnoty prostředků investovaných do daného portfolia

v určitém časovém období. Pro investory je tento indikátor důležitý. Ukazatel maximální poklesu lze vypočítat dle vzorce:

$$MD = \max_{t \in (0, T)} \left(1 - \frac{w_t}{\max_{\tau \in (0, t)} w_\tau} \right), \quad (3.18)$$

kde w_t je hodnota bohatství v čase t .

4 Ověření aplikovatelnosti vybraných modelů optimalizace portfolia

V této kapitole jsou aplikovány vybrané modely pro tvorbu optimálního portfolia, které byly popsány v kapitole 3. V rámci diplomové práce je analyzován jeden z nejdůležitějších světových akciových indexů Dow Jones Industrial Average (dále „DJIA“), respektive jeho akcie, které jsou v něm obsaženy. Dow Jones Industrial Average je počítán jako cenově vážený průměr, což znamená, že akciím s vyšší cenou je přidělena vyšší váha. Pro aplikaci modelů optimalizace portfolia jsou využity historické upravené ceny akcií, kde jsou již zohledněny vyplacené dividendy, štěpení akcií, ale i další skutečnosti. Pro následnou analýzu je nezbytné historické ceny akcií o tyto skutečnosti upravit. Již upravená data poskytuje server Yahoo Finance, ze kterého byla databáze historických cen akcií obsažených v DJIA převzata. Vzhledem k tomu, že se index DJIA od svého prvního vypočtení v roce 1896 neustále vyvíjí a jeho složení mění, tak do roku 1928 obsahoval index pouze 20 akcií, dnes obsahuje akcie 30 společností. Pro účely diplomové práce je analyzováno složení akciového indexu DJIA k 8. 4. 2004, protože počátek časové řady je v roce 2005. K tomuto datu byl akciový index DJIA složen z 30 akcií, ale v diplomové práci se bere v úvahu pouze 29 akcií, protože byla pro účely diplomové práce vyřazena neúspěšná akcie General Motors (symbol GM). Vyřazena byla z důvodu chybějících dat, respektive historických cen akcie, protože 1. 6. 2009 vyhlásila největší americká automobilka bankrot. Jednalo se o třetí největší v historii USA. Bankrotový režim automobilka opustila už 10. července 2009. Díky finančním problémům následovalo vyřazení z indexu DJIA a nemožnost obchodování akcií GM. Po celkové restrukturalizaci v roce 2010 provedla reorganizovaná společnost GM první veřejnou nabídku, která byla jednou z pěti největších IPO na světě. Databáze historických cen akcií GM před rokem 2010 byla vymazána.

Pro ověření aplikovatelnosti vybraných modelů je vybráno 29 akcií z DJIA. Analyzované období je od roku 2005 do roku 2018, s tím, že celkové analyzované období je dále rozděleno na období in-sample (3. 1. 2005 – 27. 12. 2010) a out-of-sample (3. 1. 2011 – 31. 12. 2018). Celkem je analyzováno 14 let, kde in-sample období trvá 6 let a out-of-sample zbývajících 8.

V rámci této kapitoly jsou nejdříve představeny jednotlivé tituly obsažené v DJIA se základními vypočtenými veličinami, které jsou vypočteny z veřejně dostupných dat. Druhá část je věnována provedení analýzy výkonnosti v daných obdobích, kde je v první řadě řešena naivní strategie, která je hojně investory využívána. Dále jsou řešeny modely optimalizace portfolia jako Markowitzův a Blackův model, které jsou založeny na střední hodnotě funkce užitku, jedná se o tzv. mean-variance modely. Řešena je v této kapitole i optimalizace na bázi minimalizace Value at Risk, které je řazeno mezi manažerská kritéria hodnocení rizika. Metoda VaR se snaží vytvořit takové portfolio, aby bylo co nejvíce eliminováno od extrémních ztrát. Pro všechna portfolia je vypočten také Sharpeho poměr, maximální pokles a procentuální hodnota VaR. Vzhledem k tomu, že hlavním cílem diplomové práce je nalézt optimální portfolio pro drobného investora, tak se pro účely diplomové práce jedná o investora, který má na začátku bohatství $W_0 = 5000$ USD v každém období. Počáteční bohatství se ovšem pro ilustraci rovná 1 USD. Třetí poslední část je věnována komparaci obou období a všech vypočtených strategií.

4.1 Charakteristika vstupních dat

Jedním ze základních a nejdůležitějších kroků k zahájení analýzy je získání dat. Jak již bylo zmíněno výše, tak zdrojem dat je server Yahoo Finance. Analyzováno je 29 akcií patřících k 8. 4. 2005 do DJIA, které patří mezi největší a nejvíce obchodované, tzv. blue-chip společnosti, v celkovém období trvající 14 let s tím, že jsou brány v úvahu týdenní upravené historické ceny těchto akcií. Pro celkové období jsou k dispozici historické týdenní ceny akcií celkově pro 731 týdnů s tím, že na období in-sample připadá celkem 313 týdnů a na období out-of-sample 418 týdnů. Upravená cena akcií, tzv. adjusted closing price, je uvedena v dolarech. Seznam názvů společností a symboly analyzovaných akcií jsou uvedeny v tabulce 4.1.

Tab. 4.1: *Názvy společností zařazených do předmětu analýzy*

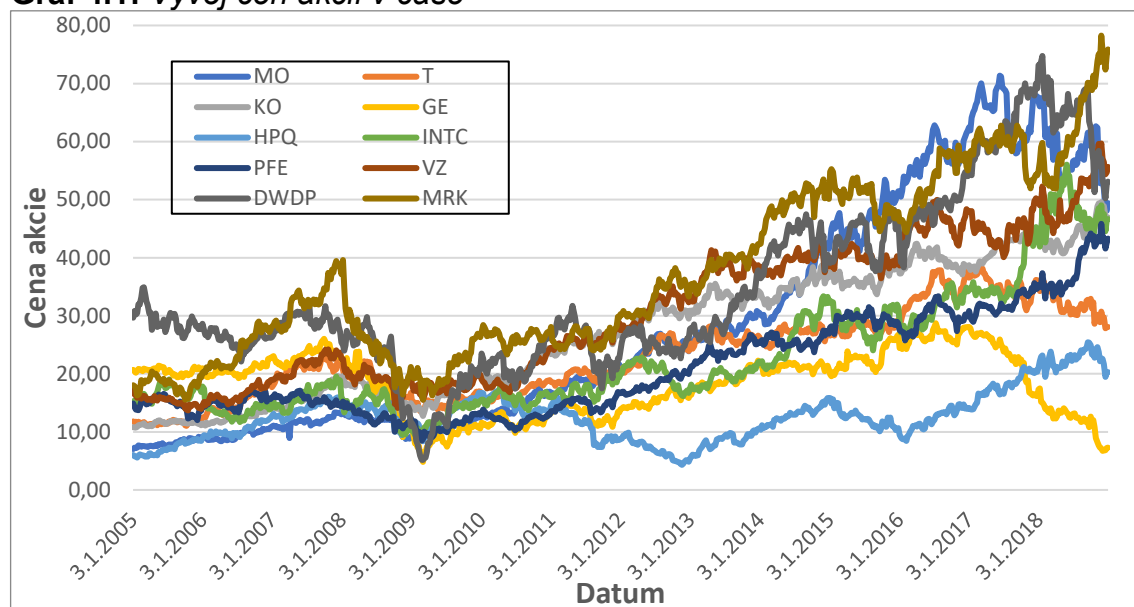
| Názvy společností | Symbol | Názvy společností | Symbol |
|------------------------------------|--------|---|--------|
| 3M Company | MMM | Honeywell International Inc. | HON |
| Alcoa Corporation | AA | Intel Corporation | INTC |
| Altria Group, Inc. | MO | International Business Machines Corporation | IBM |
| American Express Company | AXP | Johnson & Johnson | JNJ |
| American International Group, Inc. | AIG | JPMorgan Chase & Co. | JPM |
| AT&T Inc. | T | McDonald's Corporation | MCD |
| The Boeing Company | BA | Merck & Co., Inc. | MRK |
| Caterpillar Inc. | CAT | Microsoft Corporation | MSFT |
| Citigroup Inc. | C | Pfizer Inc. | PFE |
| The Coca-Cola Company | KO | The Procter & Gamble Company | PG |
| DowDuPont Inc. | DWDP | United Technologies Corporation | UTX |
| Exxon Mobil Corporation | XOM | Verizon Communications Inc. | VZ |
| General Electric Company | GE | Walmart Inc. | WMT |
| HP Inc. | HPQ | The Walt Disney Company | DIS |
| The Home Depot, Inc. | HD | | |

Zdroj: vlastní zpracování

Vzhledem k tomu, že je pro účely diplomové práce bráno v úvahu složení DJIA k 8. 4. 2004, tak z logické podstaty věci je současné složení značně obměněno. Zároveň si některé společnosti během let prošly určitými změnami, jako jsou například fúze, akvizice, rozdělení společností, změny názvů společností atd., a proto jsou v tabulce 4.1 uvedeny společnosti zařazené do předmětu analýzy v současných názvech a symbolech. Například společnost Hewlett Packard Company se v roce 2015 rozdělila na dvě společnosti, a to HP Inc. a Hewlett Packard Enterprise. Cílem tohoto rozdělení bylo vytvořit nové společnosti, které by byly pružnější a lépe reagovaly na potřeby trhu. HP Inc. se zaměřuje především na oblast osobních počítačů a tiskáren, zatímco Hewlett Packard Enterprise na počítačové systémy, software a technologické služby. Dále pak společnost SBC Communications Inc. byla přejmenována na AT&T Inc. poté, co získala v roce 2005 díky akvizici původní AT&T, s tím, že po převzetí ponechala mírně upravený název převzaté společnosti AT&T Inc. SBC převzala značku AT&T spolu se symbolem „T“ na NYSE. Takových společností uvedených v tabulce 4.1 je ovšem více.

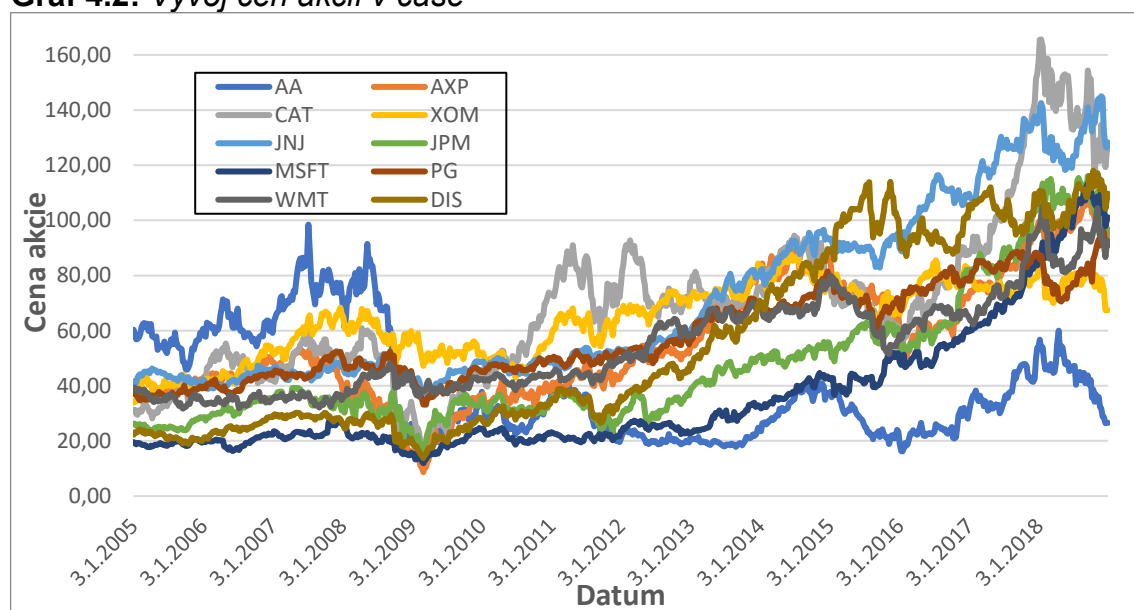
V grafech 4.1 – 4.4 je zobrazen vývoj týdenních očištěných historických cen jednotlivých akcií v letech 2005 – 2018.

Graf 4.1: Vývoj cen akcií v čase



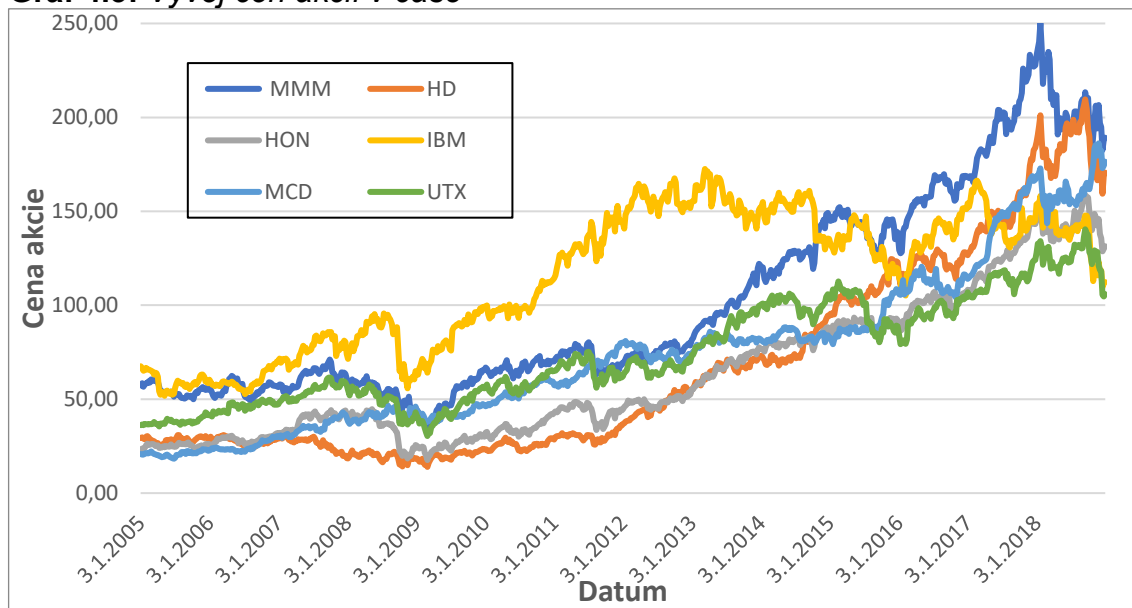
Zdroj: vlastní zpracování

Graf 4.2: Vývoj cen akcií v čase



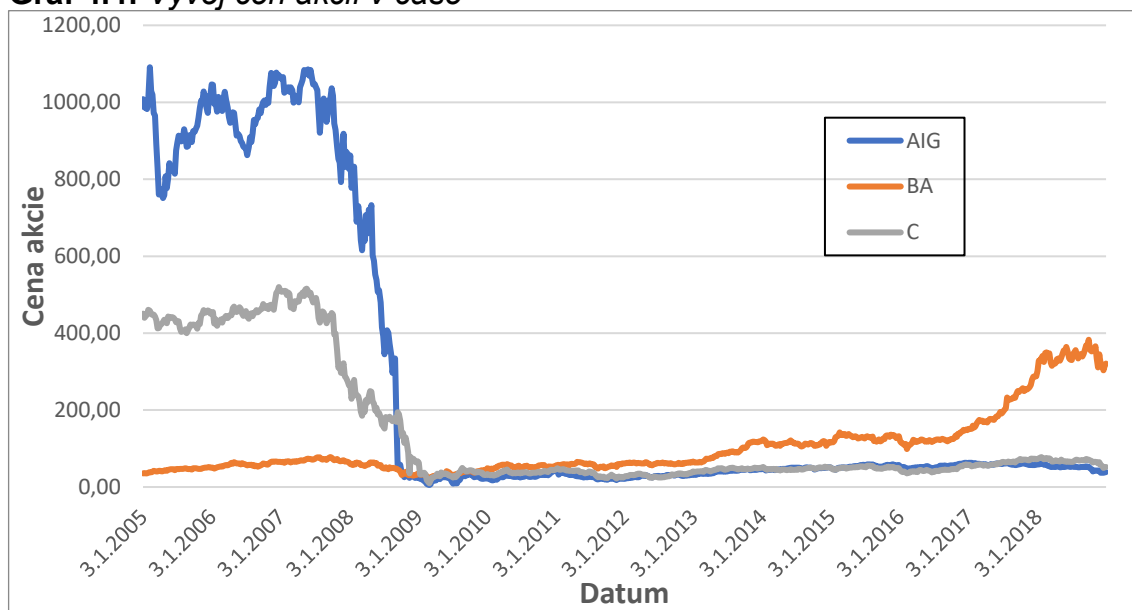
Zdroj: vlastní zpracování

Graf 4.3: Vývoj cen akcií v čase



Zdroj: vlastní zpracování

Graf 4.4: Vývoj cen akcií v čase



Zdroj: vlastní zpracování

V grafech 4.1 – 4.4 je za pomoci vyznačených křivek zobrazen vývoj týdenních upravených historických cen 29 akcií zařazených do předmětu analýzy v letech 2005 – 2018. Ze všech grafů je zřejmé, že se vlivem krize v roce 2008 řada titulů propadla skokově. Na některé společnosti to mělo ovšem drastický dopad. Akcie, kterým se během let výrazně měnila hodnota, jsou následně popsány.

V grafu 4.1 lze vidět, že většina společností se z krize vcelku rychle vzpamatovala a ceny akcií po krizi rostly. Společnosti HPQ to ovšem trvalo déle a lze říci, že od rozdělení společnosti na dvě v roce 2015 cena akcie rostla. Společnost GE

se dostala do velkých problémů již dříve. V roce 2015 měla ztrátu přes 6 miliard USD a v roce 2018 dokonce přes 22 miliard dolarů. Na tržní ceně akcií se to během analyzovaného období ovšem promítlo až koncem roku 2017. Společnost GE byla součástí původního DJIA z roku 1896 a jedná se o společnost, která byla vůbec nejdéle nepřetržitě součástí indexu DJIA od roku 1907 do roku 2018, když 28. června 2018 byla akcie z indexu DJIA vyřazena a nahrazena společností Walgreens Boots Alliance, Inc.

Z grafu 4.2 stojí za zmínku pouze společnost AA, jejíž cena akcie před krizí k 9. 7. 2007 byla téměř 100 USD a po krizi celou dobu oscilovala okolo 20 USD. Pokles tak činí zhruba 80 %.

Z grafu 4.3 lze zmínit společnost IBM, jejíž cena akcie po krizi poměrně rychle vzrostla, ale od roku 2014 zcela kolísala kolem 150 dolarů. Ostatním společnostem cena akcie rostla.

V grafu 4.4 jsou zobrazeny společnosti, kterým během let buďto nejrazantněji poklesla cena akcií, anebo naopak nejvíce vzrostla. Společnost AIG zaznamenala vůbec největší pokles ceny akcie v analyzovaném období, když cena akcie k 28. 5. 2007 byla 1 085,17 dolarů a cena k 2. 3. 2009 byla pouze 5,24 dolarů, takže pokles je přesně o 99,52 %. Americká vláda byla nucena převzít téměř 80 % akcií společnosti AIG, která patřila mezi jednu z největších pojišťoven na světě. FED pro záchranu pojišťovny přislíbil úvěr až 85 miliard dolarů, aby zabránil krachu další významné společnosti. Společnost AIG se do takových problémů dostala kvůli tomu, že uzavřela swapy úvěrového selhání, aby pojistila cenné papíry v hodnotě téměř 500 miliard dolarů původně hodnocené ratingem AAA. Téměř 60 miliard dolarů z těchto cenných papírů byly strukturované cenné papíry s pokladovými aktivy rizikových subprime hypoték. Společnost C tyto hypotéky a strukturované produkty poskytovala a dlužníci je nebyli schopni splácet. Také dostala od státu finanční injekci, ale i přes to, se dostala do insolvence na nějaký čas. Pro snížení nákladů musela propustit více než 100 000 zaměstnanců. Společnosti BA porostla cena akcie od března roku 2009 do konce roku 2018 o více než 1 200 %.

4.2 Analýza základních veličin

V tabulce 4.2 jsou zobrazeny vypočtené základní veličiny jednotlivých vybraných akciových titulů z týdenních historicky upravených cen, které jsou převedeny na roční

bázi. $E(R_i)$ představuje střední hodnotu ročního výnosu akcie a $\sigma(R_i)$ je směrodatná odchylka ročního výnosu vyjadřující riziko aktiva. V tabulce 4.2 jsou zobrazeny očekávané výnosy a směrodatné odchylky výnosů akcií za celé období, za období in-sample a out-of-sample.

Tab. 4.2: Průměrné výnosy a směrodatné odchylky akcií v daných obdobích

| Symbol | Celé období | | In-sample období | | Out-of-sample období | |
|--------|-------------|---------------|------------------|---------------|----------------------|---------------|
| | $E(R_i)$ | $\sigma(R_i)$ | $E(R_i)$ | $\sigma(R_i)$ | $E(R_i)$ | $\sigma(R_i)$ |
| MMM | 10,71% | 20,89% | 6,19% | 23,68% | 14,13% | 18,03% |
| AA | 3,88% | 43,43% | 3,88% | 50,14% | 3,06% | 38,62% |
| MO | 16,06% | 20,96% | 17,74% | 25,21% | 14,96% | 17,95% |
| AXP | 11,81% | 32,37% | 9,23% | 42,75% | 13,34% | 20,60% |
| AIG | 0,37% | 73,48% | -2,52% | 107,93% | 1,76% | 20,46% |
| T | 8,22% | 20,23% | 10,68% | 23,79% | 6,63% | 17,29% |
| BA | 19,57% | 27,95% | 12,06% | 33,11% | 24,45% | 22,70% |
| CAT | 15,33% | 32,77% | 21,79% | 38,93% | 10,53% | 25,54% |
| C | 1,35% | 59,89% | -5,38% | 84,72% | 5,83% | 23,84% |
| KO | 11,83% | 16,32% | 15,38% | 18,52% | 9,74% | 14,34% |
| DWDP | 9,73% | 33,35% | 6,15% | 40,60% | 12,08% | 23,18% |
| XOM | 7,08% | 20,70% | 11,37% | 23,80% | 3,47% | 17,13% |
| GE | -3,08% | 29,68% | -1,36% | 35,54% | -4,47% | 24,49% |
| HPQ | 13,62% | 31,14% | 18,08% | 29,65% | 9,43% | 29,36% |
| HD | 15,96% | 26,21% | 5,14% | 32,72% | 24,33% | 18,45% |
| HON | 15,40% | 24,31% | 14,51% | 29,87% | 15,84% | 16,79% |
| INTC | 11,65% | 27,13% | 5,92% | 31,29% | 16,19% | 22,97% |
| IBM | 6,05% | 21,90% | 11,59% | 24,05% | 1,82% | 20,31% |
| JNJ | 9,20% | 15,25% | 3,88% | 16,31% | 13,05% | 14,64% |
| JPM | 15,73% | 36,33% | 15,63% | 48,42% | 15,48% | 20,18% |
| MCD | 16,75% | 17,48% | 19,42% | 20,01% | 15,17% | 15,42% |
| MRK | 13,09% | 23,85% | 11,19% | 29,73% | 14,08% | 17,71% |
| MSFT | 14,69% | 24,34% | 6,20% | 27,29% | 20,77% | 21,94% |
| PFE | 10,02% | 21,83% | 1,19% | 26,13% | 16,05% | 17,71% |
| PG | 7,72% | 16,08% | 6,36% | 17,72% | 8,71% | 14,82% |
| UTX | 10,02% | 21,67% | 12,66% | 24,12% | 8,01% | 18,44% |
| VZ | 10,24% | 19,79% | 8,21% | 22,78% | 11,73% | 17,57% |
| WMT | 7,94% | 19,00% | 3,82% | 20,16% | 11,00% | 18,56% |
| DIS | 14,17% | 23,69% | 10,48% | 27,21% | 16,32% | 18,90% |

Zdroj: vlastní zpracování na základě dat z Yahoo Finance

Počet historických týdenních cen akcií byl již zmíněn v kapitole 4.1. Celkově je určována střední hodnota a směrodatná odchylka ze 730 týdenních výnosů. Pro období in-sample je vypočteno celkem 312 týdenních výnosů a v období out-of-sample celkově 418 týdenních výnosů. V tabulce 4.2 jsou již vypočtené hodnoty

anualizovány a barevně odlišeny. Zelená barva vysvětluje, že je hodnota v daném sloupci nejlepší, naopak červená vysvětluje hodnotu nejhorší. Pro vysvětlení například čím zelenější barva u průměrného očekávaného ročního výnosu akcií, tím je vyšší hodnota, ale v případě směrodatné odchylky výnosu to znamená pravý opak. Neznamená to tedy, že vyšší hodnota směrodatné odchylky má zelenou barvu, ale právě červenou. Zelenější barvu v případě směrodatné odchylky představuje nižší hodnotu, což znamená nižší úroveň rizika, a to je žádoucí.

Z tabulky lze vypožorovat, že největší očekávaný roční výnos 19,57 % dosahuje v celém období akcie společnosti BA. Akcie s nejnižší průměrnou roční výnosností za celé období je akcie GE, která je dokonce ve ztrátě po všechna období, jak celkové, tak in-sample i out-of-sample. Nejvíce riziková akcie je za celé období akcie společnosti AIG, která má zároveň i druhý nejmenší očekávaný výnos po všechna období. Naopak nejmenší riziko, respektive směrodatnou odchylku výnosů, má akcie JNJ, která kromě období out-of-sample má nejmenší hodnotu směrodatné odchylky. V období in-sample dosahuje největšího očekávaného výnosu akcie společnosti CAT s průměrným ročním výnosem 21,79 %. Záporný akciový výnos v tomto období měly hned tři společnosti, již dvě zmíněné AIG a GE, ale i společnost C, která dosahuje v tomto období vůbec největší ztráty 5,38 %. Společnost AIG má v období in-sample směrodatnou odchylku rovnou 107,93 %, ale v období out-of-sample tato hodnota razantně poklesla až na 20,46 %, což je velký skok. Lze o ni říci, že pro investory není příliš atraktivní, protože je velmi volatilní a nepřináší téměř žádný užitek v podobě výnosu. V období out-of-sample nejvyššího očekávaného ročního výnosu 24,45 % dosahuje společnost BA, která oproti in-sample více než zdvojnásobila svůj průměrný roční výnos. Největší volatilitu v období out-of-sample lze z tabulky vidět u společnosti AA, která jako jediná v tomto období překročila 30 %.

4.3 Aplikace vybraných modelů optimalizace portfolia v in-sample období

V této podkapitole jsou vypočteny popsání modely z kapitoly 3 sloužící k optimalizaci portfolia v in-sample období. Nejdříve jsou zde výsledky naivní strategie, dále vypočtený Markowitzův a Blackův model. V neposlední řadě je podkapitola věnována také výpočtu Value at Risk. Cílem diplomové práce je nalézt a ověřit optimální portfolio akcií pro drobného investora, který chce investovat 5 000 dolarů na

začátku out-of-sample období. Pro ilustraci je počáteční bohatství jeden dolar v obou obdobích.

4.3.1 Naivní strategie

Naivní strategie je charakteristická svou jednoduchostí, protože investoři investují do všech akcií stejným dílem, protože relativní podíl, respektive váhy, všech akcií v portfoliu jsou totožné. V rámci této diplomové práce je investován stejný relativní podíl do investičního portfolia složeného z 29 akcií, které byly součástí indexu DJIA k 8. 4. 2005. Tento relativní podíl se stanoví jednoduchým zlomkem $\frac{1}{29}$. Váha jedné akcie je v tomto případě 3,45 %. Pro každý týden in-sample období je vypočítán průměrný výnos, díky kterému lze stanovit bohatství na konci týdne. Pro účely diplomové práce je ovšem stěžejní bohatství na konci investičního období. Bohatství lze stanovit dle vzorce (3.11). V tabulce 4.3 je zobrazeno pro ilustraci několik průměrných týdenních výnosů portfolia v in-sample období a vývoj bohatství při počátečním bohatství 1 amerického dolaru a 5 000 dolarů.

Tab. 4.3: Vývoj výnosů (%) a bohatství (USD) portfolia v in-sample období

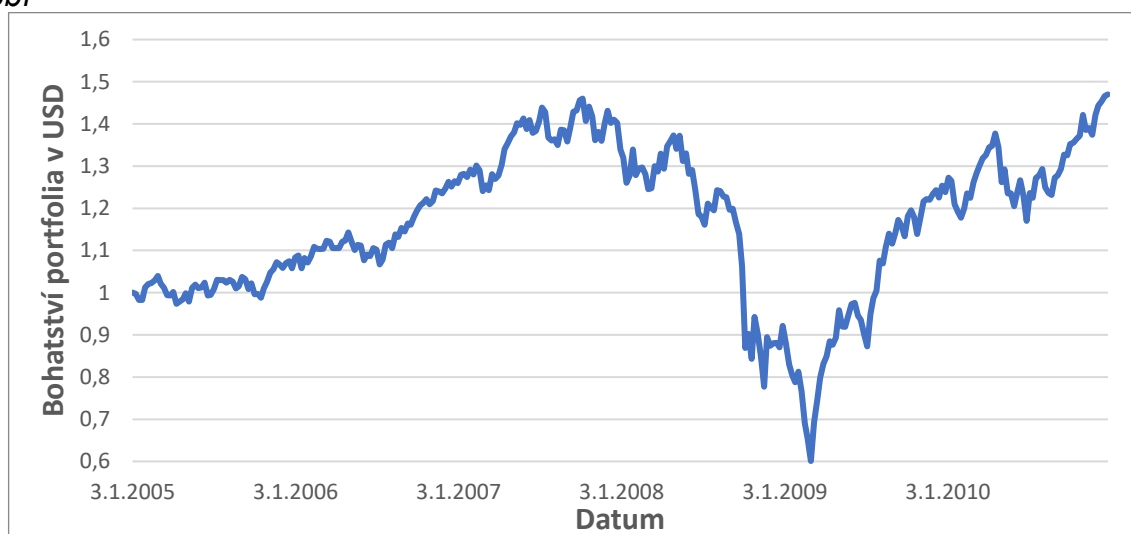
| Datum | Průměrný týdenní výnos portfolia | Bohatství $W_0 = 1$ | Bohatství $W_0 = 5000$ | Datum | Průměrný týdenní výnos portfolia | Bohatství $W_0 = 1$ | Bohatství $W_0 = 5000$ |
|------------|---|------------------------|---------------------------|------------|---|------------------------|---------------------------|
| 3.1.2005 | 0 | 1 | 5000 | 7.1.2008 | -1,49% | 1,31933 | 6 596,626 |
| 10.1.2005 | -0,30% | 0,99703 | 4 985,163 | 14.1.2008 | -4,46% | 1,26050 | 6 302,502 |
| 17.1.2005 | -1,43% | 0,98276 | 4 913,788 | --- | --- | --- | --- |
| 24.1.2005 | 0,03% | 0,98302 | 4 915,095 | 22.9.2008 | -2,32% | 1,13900 | 5 694,984 |
| 31.1.2005 | 2,97% | 1,01222 | 5 061,080 | 29.9.2008 | -6,73% | 1,06231 | 5 311,569 |
| --- | --- | --- | --- | 6.10.2008 | -18,21% | 0,86889 | 4 344,449 |
| 4.4.2005 | 0,86% | 1,00169 | 5 008,464 | --- | --- | --- | --- |
| 11.4.2005 | -2,77% | 0,97392 | 4 869,613 | 23.2.2009 | -5,33% | 0,65348 | 3 267,410 |
| 18.4.2005 | 0,53% | 0,97913 | 4 895,631 | 2.3.2009 | -8,04% | 0,60093 | 3 004,625 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 24.10.2005 | 2,25% | 1,00988 | 5 049,408 | 20.7.2009 | 4,04% | 0,98649 | 4 932,451 |
| 31.10.2005 | 1,62% | 1,02628 | 5 131,422 | 27.7.2009 | 1,88% | 1,00501 | 5 025,031 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 9.10.2006 | 1,05% | 1,19493 | 5 974,673 | 25.10.2010 | 0,56% | 1,37187 | 6 859,368 |
| 16.10.2006 | 0,43% | 1,20749 | 6 037,457 | 1.11.2010 | 3,58% | 1,42103 | 7 105,157 |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 15.10.2007 | -3,65% | 1,40680 | 7 034,014 | 20.12.2010 | 0,87% | 1,46613 | 7 330,641 |
| 22.10.2007 | 2,44% | 1,44113 | 7 205,671 | 27.12.2010 | 0,26% | 1,46999 | 7 349,947 |

Zdroj: vlastní zpracování

Z tabulky 4.3 lze vidět, že zhodnocovat investovaný 1 dolar na začátku roku 2005 se dle hodnoty bohatství portfolia na konci týdne dařilo lépe až na konci října téhož roku. Na investici 1 dolar to není příliš zřejmé, ale při investované částce 5000 USD investice během 10 měsíců vydělala téměř 132 dolarů. V říjnu roku 2007 byla hodnota portfolia něco málo přes 7205 dolarů. Již koncem roku 2006 se objevily první problémy v USA a tamní hypoteční trh se začal otřásat, což byla možná počáteční předzvěst krize, která poté do dvou let nastala. Finanční krize gradovala od třetího kvartálu, přesněji září, roku 2008, kde došlo ke krachu některých velkých amerických finančních institucí. Například 15. 9. 2008 zkrachovala jedna z největších amerických bank Lehman Brothers s tradicí téměř 160 let. Aby nedošlo k úplnému kolapsu americké a následně celosvětové ekonomiky musela americká vláda poskytnout finanční injekce řadám společností v částce téměř 850 miliard dolarů. Po finanční krizi však bohatství portfolia rostlo. Díky finanční krizi se burzovní trh v USA propadal, což lze zpozorovat z tabulky, kde od roku počátku roku 2008 hodnota bohatství dle naivní strategie razantně klesla. Minima je dosaženo 2. 3. 2009, kde bohatství z investovaného jednoho dolaru činí pouze 0,60093 USD. Propad tak činí téměř 40 % oproti počátečnímu bohatství. V rámci této diplomové práce to bylo zapříčiněno hlavně společnostmi AIG, AA, C a GE viz podkapitola 4.1. Ceny všech akcií, které jsou zahrnuty do diplomové práce, vlivem krize poklesly. Ani ony se finanční krizi nevyhnuly a také byly zasaženy. Na konci července roku 2009 se hodnota portfolia dostala na svou počáteční úroveň a hodnota dále rostla. Na konci in-sample období byla hodnota portfolia 1,46999 USD, respektive 7 349,947 USD v případě investované částky 5 000 USD, což je zároveň maximum. Lze tedy říci, že jeden investovaný dolar vydělal dle naivní strategie za celé in-sample období 0,46999 USD.

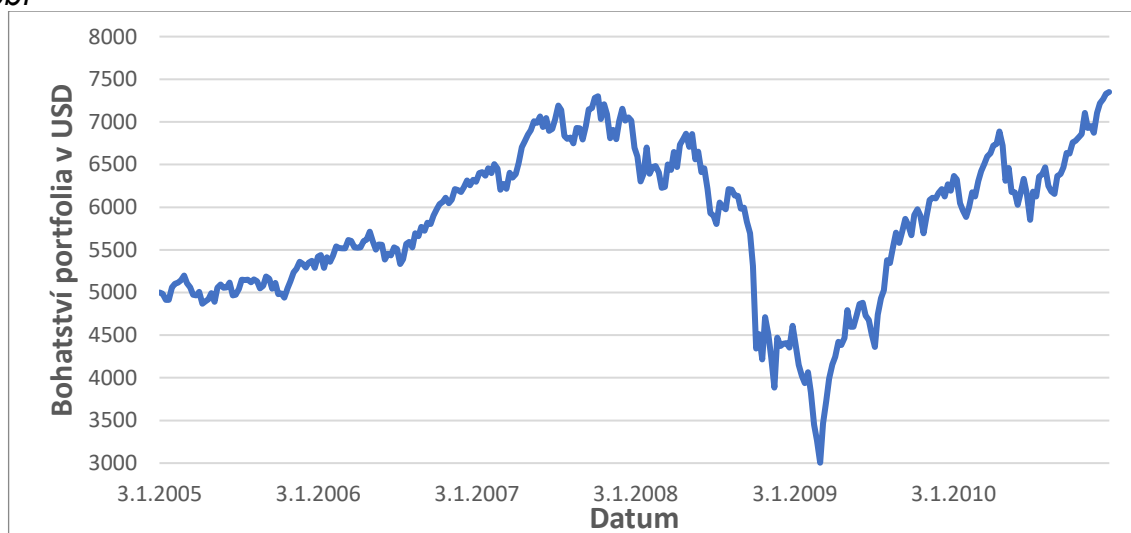
Celkový vývoj bohatství v in-sample období dle naivní strategie je zaznamenán v grafech 4.5 a 4.6. Vývoj průměrných týdenních výnosů portfolia je zobrazen v grafu 4.7.

Graf 4.5: Vývoj bohatství portfolia dle naivní strategie (1 USD) v in-sample období



Zdroj: vlastní zpracování

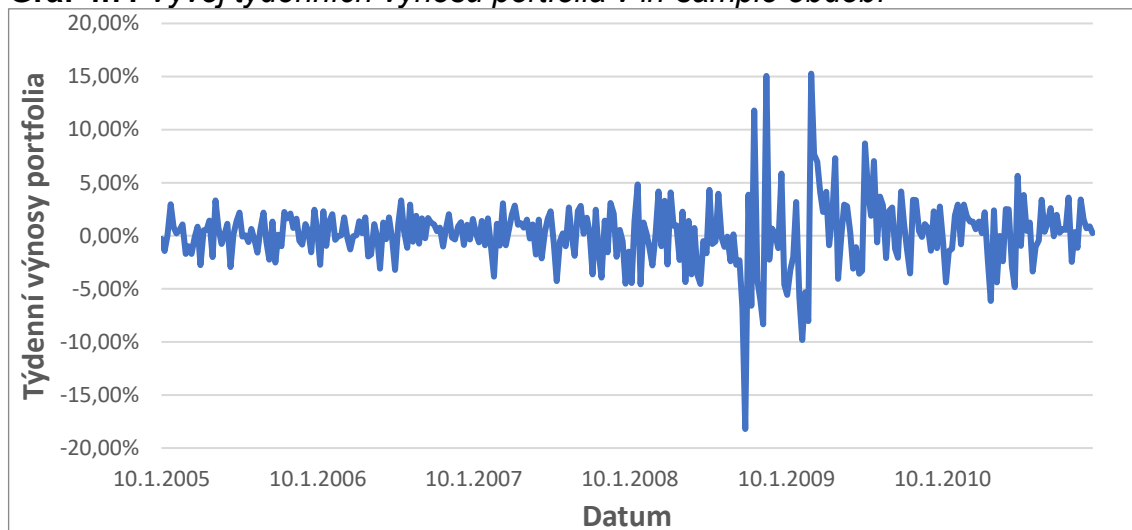
Graf 4.6: Vývoj bohatství portfolia dle naivní strategie (5 000 USD) v in-sample období



Zdroj: vlastní zpracování

Z grafů 4.5 a 4.6 je zřejmé, že bohatství v prvních třech letech mělo rostoucí trend, ale vlivem finanční krize začátkem roku 2008 postupně hodnota portfolia klesala až na dno v březnu roku 2009. Následně hodnota portfolia v čase rostla. Vzhledem k tomu, že je křivka a vývoj bohatství totožný pro investici 1 USD a 5 000 USD, tak je v dalších podkapitolách zobrazena v grafu hodnota portfolia pouze s počáteční investicí 1 USD

Graf 4.7: Vývoj týdenních výnosů portfolia v in-sample období



Zdroj: vlastní zpracování

Vývoj průměrných týdenních výnosů portfolia v čase dle naivní strategie jsou zaznamenány v grafu 4.7. Až téměř do konce září roku 2008 týdenní výnosnost oscilovala s tím, že nepřekročila 5 % hranici, ani ztráta nebyla vyšší než 5 %. Dne 6. 10. 2009 týdenní ztráta portfolia dosahovala 18,21 %. Maximální očekávaný výnos portfolia byl zaznamenán 9. 3. 2009 a činil 15,27 %.

V tabulce 4.4 jsou shrnuty veličiny, které byly vypočteny pro portfolio dle naivní strategie v in-sample období. Nejdříve je ovšem nutné stanovit bezrizikovou sazbu, která je nutná pro výpočet Sharpeho poměru, ten je dán vztahem dle vzorce (3.17). Pro účely diplomové práce plní funkci bezrizikové sazby výnos do splatnosti amerických desetiletých dluhopisů, a to vždy k počátku analyzovaného období. V případě této diplomové práce období in-sample a out-of-sample. Na začátku in-sample období činní výnos do splatnosti amerických dluhopisů dle serveru www.investing.com 4,28 % p. a.. Indikátor maximální pokles, který vyjadřuje maximální procentuální pokles hodnoty prostředků v čase lze vypočítat dle vzorce (3.18). Vzorce pro výpočet veličin jsou zobrazeny v tabulce 4.4.

Tab. 4.4: Shrnutí výpočtů dle naivní strategie v in-sample období

| Základní veličiny | Stanovení dle vzorce | Hodnota |
|---------------------------------------|----------------------|-----------|
| Bohatství na konci období (1 USD) | (3.10) | 1,46999 |
| Bohatství na konci období (5 000 USD) | (3.10) | 7 349,947 |
| Průměrný týdenní výnos portfolia | (3.6) | 0,17% |
| Průměrný roční výnos portfolia | (3.6) | 8,95% |
| Rozptyl portfolia | (3.7) | 0,00097 |
| Směrodatná odchylka portfolia | (3.8) | 3,11% |
| Směrodatná odchylka portfolia (p.a.) | (3.8) | 22,43% |
| Sharpeho poměr (p.a.) | (3.17) | 20,84% |
| Maximální pokles | (3.18) | 58,84% |
| Týdenní VaR $\alpha = 0,01$ | --- | 7,90% |
| Týdenní VaR $\alpha = 0,05$ | --- | 4,49% |

Zdroj: vlastní zpracování

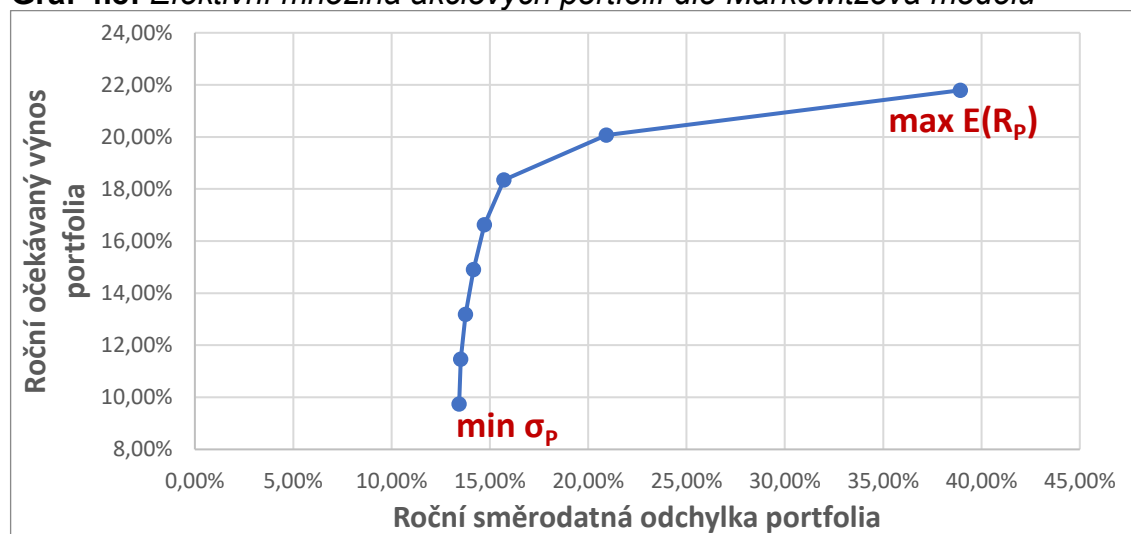
V tabulce 4.4 jsou zobrazeny výsledky základních vypočtených veličin v rámci in-sample období pro portfolio dle naivní strategie. Roční střední hodnota výnosu dle naivní strategie dosahuje 8,95 %. Sharpeho poměr má poměrně nízkou hodnotu, což je zapříčiněno vcelku nízkou hodnotou rizikové premie, která je v tomto případě 4,67 % a vyšší hodnotou roční směrodatné odchylky. Dle hodnoty VaR v procentuálním vyjádření lze konstatovat, že pouze s 1% pravděpodobností bude ztráta vyšší než 7,9 % z investované částky za týden. V případě diplomové práce se jedná o investici 5 000 dolarů. Obdobná interpretace je v případě 5% hladiny významnosti.

4.3.2 Markowitzův model

Markowitzův model je řazen do mean-variance modelů, vychází ze střední hodnoty funkce užitku a lze investovat pouze do rizikových aktiv. Za jeden z důležitých předpokladů Markowitzova modelu lze označit, že je konstruován pro investory, kteří jsou vůči riziku averzní. Takový investor preferuje portfolio s menším rizikem, pokud je očekáván stejný výnos více portfolií. Krátký prodej zde není povolen. Díky Markowitzově modelu lze vypočítat efektivní akciová portfolia s tím, že se hledá nejnížší směrodatná odchylka pro daný očekávaný výnos anebo nejvyšší očekávaný výnos pro danou úroveň rizika. Pro nalezení optimálního portfolia je třeba nejdříve nalézt efektivní množinu portfolií, která je vypočtena z období in-sample a zobrazena v grafu 4.8. Efektivní množinu portfolií a váhy určující relativní složení portfolií lze stanovit za pomoci úlohy definované v podkapitole 3.4.1. Vypočtené váhy dle Markowitzova modelu v in-sample období jsou důležité pro výpočet a ověření portfolií v out-of-sample období, protože v out-of-sample období se portfolia počítají

z relativního složení portfolií vypočteného v in-sample období. Tyto váhy jsou zobrazeny v příloze č. 1.

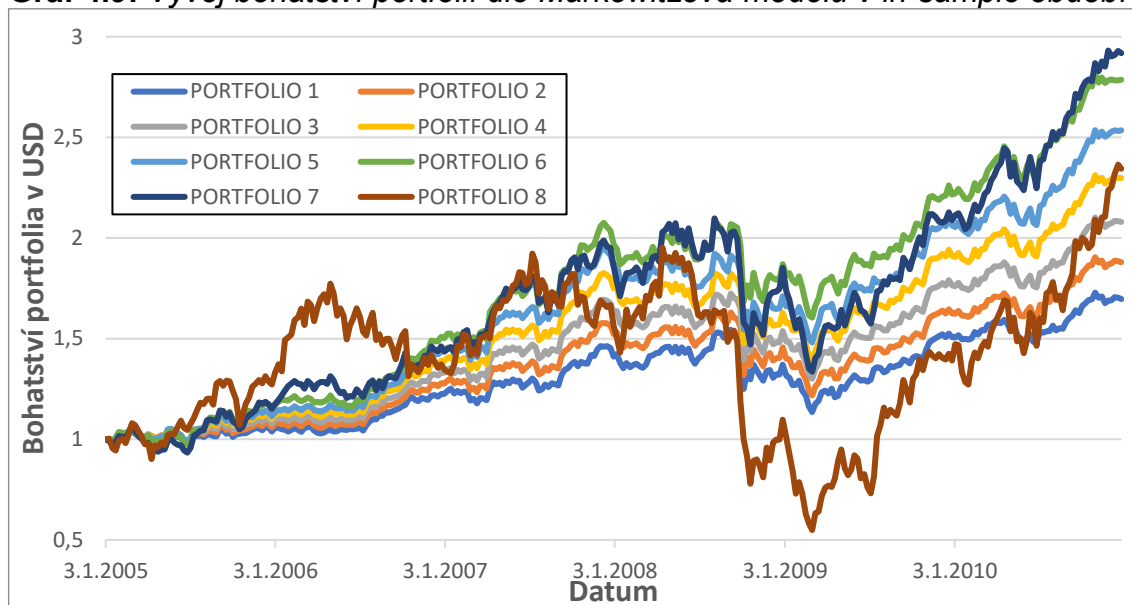
Graf 4.8: *Efektivní množina akciových portfolií dle Markowitzova modelu*



Zdroj: vlastní zpracování

V grafu 4.8 je zobrazena efektivní množina akciových portfolií dle Markowitzova modelu v in-sample období. Na efektivní množině jsou efektivní portfolia, která jsou charakteristická určitým očekávaným výnosem na danou úroveň rizika. Z grafu lze vidět, že rozsah ročních očekávaných výnosů portfolií na efektivní křivce je mezi 9 % a 22 %. U roční směrodatné odchylky je rozsah míry rizika mezi 13 % a 39 %. Na efektivní množině mezi portfolii s minimálním rizikem a maximálním výnosem jsou vnitřní efektivní portfolia, kterých je celkem 6. Pro celkově 8 efektivních portfolií dle Markowitzova modelu jsou vypočtené veličiny v rámci in-sample období shrnuty v tabulkách 4.5 a 4.6. Vývoj bohatství všech portfolií v in-sample období je zobrazen v grafu 4.9.

Graf 4.9: Vývoj bohatství portfolií dle Markowitzova modelu v in-sample období



Zdroj: vlastní zpracování

V grafu 4.9 lze vidět vývoj bohatství portfolií v čase. Největší hodnotu portfolia na konci období in-sample má portfolio 7. Krizí nejvíce poznamenané portfolio 8 představující portfolio s maximálním očekávaným výnosem se ze svého do té doby původního maxima 1,95314 USD z 14. 4. 2008 propadlo během necelého roku až na své dno, které činilo 0,54895 USD v 2. březnu 2009. Tento obrovský pokles činil v procentuálním vyjádření 71,89 % a je zapříčiněn zejména tím, že je zde investováno pouze do akcie společnosti CAT a nedochází tak k dostatečné diverzifikaci. U ostatních portfolií nebyl pokles tak razantní. Od března 2009 všechna portfolia vykazovala rostoucí trend z hlediska bohatství.

Tab. 4.5: Shrnutí výpočtů dle Markowitzova modelu v in-sample období

| | Bohatství na konci období (1 USD) | Bohatství na konci období (5 000 USD) | Očekávaný týdenní výnos portfolia | Očekávaný roční výnos portfolia | Rozptyl portfolia | Směrodatná odchylka portfolia | Směrodatná odchylka portfolia (p.a.) |
|--------------------|--|--|--|--|----------------------|-------------------------------------|---|
| Portfolio 1 | 1,69672 | 8 483,599 | 0,19% | 9,74% | 0,00035 | 1,86% | 13,44% |
| Portfolio 2 | 1,87971 | 9 398,526 | 0,22% | 11,46% | 0,00035 | 1,88% | 13,52% |
| Portfolio 3 | 2,07969 | 10 398,433 | 0,25% | 13,18% | 0,00036 | 1,91% | 13,77% |
| Portfolio 4 | 2,29786 | 11 489,284 | 0,29% | 14,91% | 0,00039 | 1,96% | 14,17% |
| Portfolio 5 | 2,53504 | 12 675,180 | 0,32% | 16,63% | 0,00042 | 2,04% | 14,72% |
| Portfolio 6 | 2,78598 | 13 929,922 | 0,35% | 18,35% | 0,00048 | 2,18% | 15,73% |
| Portfolio 7 | 2,91818 | 14 590,885 | 0,39% | 20,07% | 0,00084 | 2,90% | 20,92% |
| Portfolio 8 | 2,34464 | 11 723,217 | 0,42% | 21,79% | 0,00291 | 5,40% | 38,93% |

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 4.6: Shrnutí dalších výpočtů dle Markowitzova modelu v in-sample období

| | Sharpeho poměr (p.a.) | Maximální pokles | Týdenní VaR $\alpha = 0,01$ | Týdenní VaR $\alpha = 0,05$ |
|-------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Portfolio 1 | 40,67% | 26,52% | 3,71% | 2,60% |
| Portfolio 2 | 53,15% | 25,29% | 3,68% | 2,50% |
| Portfolio 3 | 64,69% | 24,59% | 3,57% | 2,62% |
| Portfolio 4 | 75,04% | 23,96% | 3,79% | 2,76% |
| Portfolio 5 | 83,89% | 24,12% | 3,84% | 2,80% |
| Portfolio 6 | 89,50% | 23,14% | 4,28% | 3,05% |
| Portfolio 7 | 75,49% | 36,34% | 6,77% | 4,20% |
| Portfolio 8 | 45,00% | 71,89% | 14,39% | 8,41% |

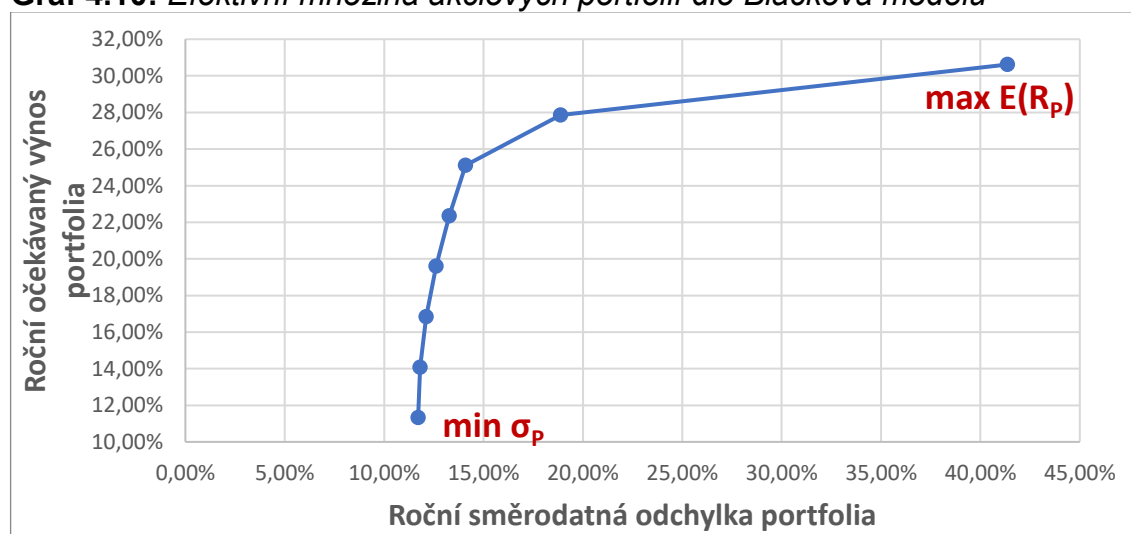
Zdroj: vlastní zpracování

V tabulce 4.5 a 4.6 jsou shrnuty základní veličiny 8 portfolií vypočtené dle modelu Markowitz v rámci in-sample období. Portfolio 1 představuje portfolio s minimálním směrodatnou odchylkou a portfolio 8 portfolio s maximálním očekávaným výnosem. Portfolia 2 – 7 jsou portfolia vnitřní. Z tabulek lze vidět, že se při zvyšování očekávaného výnosu zvyšuje i směrodatná odchylka, tedy riziko portfolia. Platí ovšem, že zvyšující se očekávaný výnos portfolia nemusí nutně znamenat zvyšující se bohatství nebo Sharpeho poměr, což lze vidět u portfolia 8. Portfolio 8 sice má největší očekávaný výnos, ale jeho hodnota bohatství na konci je až čtvrtá největší a Sharpeho poměr je dokonce druhý nejhorší ze všech portfolií. Portfolio 8 je dokonce i nejrizikovější, protože má největší směrodatnou odchylku, procentuální hodnotu VaR, která vyjadřuje maximální týdenní ztráty z investované částky na dané hladině pravděpodobnosti, a také hodnotu maximálního poklesu vyjadřující maximální procentuální pokles hodnoty prostředků v čase, respektive stabilitu portfolia. Největší hodnotu portfolia na konci in-sample období má portfolio 7, kde hodnota činí 2,91818 USD, respektive 14 590,885 USD v případě investované částky 5 000 USD a téměř ztrojnásobil svou počáteční hodnotu. Lze tedy říci, že 1 dolar, který by byl investován do tohoto portfolia by za celé in-sample období vydělal 1,91818 USD. Nejlepší výkonnost dle Sharpeho poměru má zase portfolio 6. Pakliže se investor rozhoduje podle Sharpeho poměru je dobré také přihlídnout k indikátoru maximální pokles, který je u portfolia 6 také nejlepší a značí stabilitu portfolia, a proto investice do tohoto portfolia bude dobrou volbou, a to i z hlediska poměrně vysokého výnosu a malé hodnoty VaR.

4.3.3 Blackův model

Blackův model vychází ze stejných předpokladů jako model Markowitze s tím rozdílem, že je zde povolen krátký prodej. Pro větší reálnost tohoto modelu došlo k menší úpravě ve stanovení vah portfolia. Suma absolutních hodnot vah nesmí přesáhnout 300 %, ale celkový součet vah musí dát 100 %. Vzhledem k tomu, že je předmětem analýzy 29 akcií, tak by docházelo v případě portfolia s maximálním očekávaným výnosem k tomu, že akcie s největším výnosem bude mít váhu 2900 %, což je z praktického hlediska takřka nesmyslné. Do jedné akcie by se tedy investovala celá disponibilní částka a zároveň výnos z krátkého prodeje všech ostatních aktiv. Efektivní množinu portfolií a váhy určující relativní složení portfolií dle Blackova modelu lze stanovit za pomoci úlohy definované v podkapitole 3.4.2. Vypočtené váhy dle Blackova modelu v in-sample období jsou důležité pro výpočet a ověření portfolií v out-of-sample období, protože v out-of-sample období se portfolia počítají z relativního složení portfolií vypočteného v in-sample období. Váhy stanovené dle Blackova modelu jsou zobrazeny v příloze č. 2. Je třeba ovšem zmínit, že bylo nalezeno pouze lokální optimum, nikoliv globální optimum u tohoto portfolia, protože v případě nalezení globálního optima by u portfolia s maximálním očekávaným výnosem bylo investováno do akcie CAT, která má nejvyšší střední hodnotu výnosu, 300 % v podobě disponibilní částky a výnosu z krátkého prodeje, což tak dle přílohy č. 2 není. Efektivní množina portfolií Blackova modelu je zobrazena v následujícím grafu 4.10.

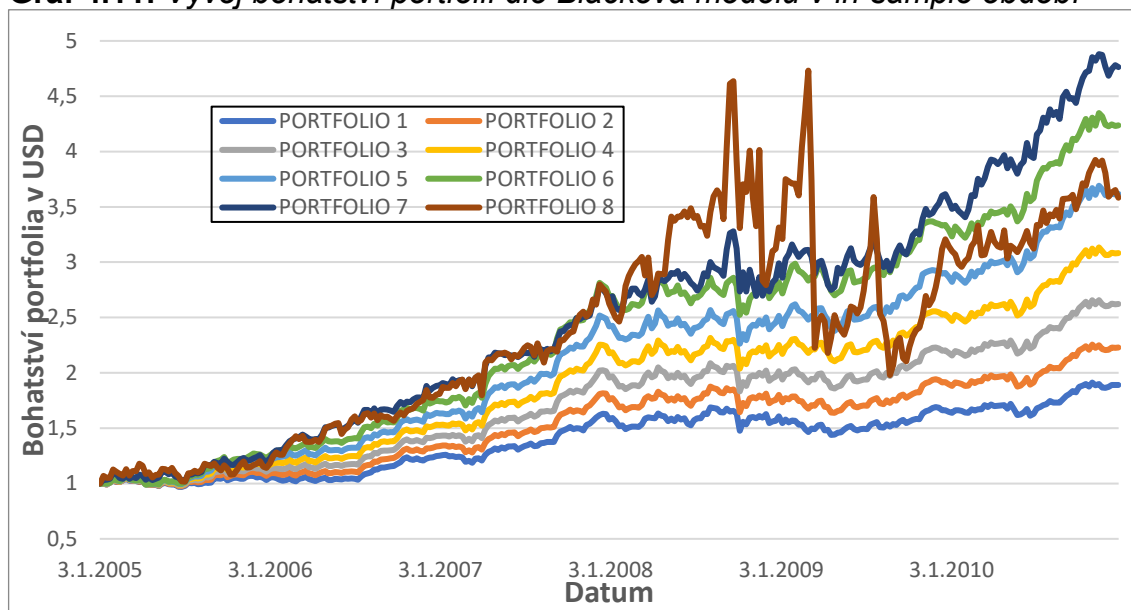
Graf 4.10: Efektivní množina akciových portfolií dle Blackova modelu



Zdroj: vlastní zpracování

V grafu 4.10 je zobrazena efektivní množina akciových portfolií dle Blackova modelu v in-sample období. Na efektivní křivce jsou efektivní portfolia. Tato portfolia mají nejlepší možný vztah očekávaného výnosu a rizika, kterými je každé portfolio charakteristické. Rozsah ročních očekávaných výnosů portfolií na efektivní křivce je dle grafu mezi 11 % a 31 %. Dle Blackova modelu je tedy možno dosáhnout větších očekávaných výnosů. U roční směrodatné odchylky je rozsah míry rizika mezi 11 % a 42 % s tím, že u portfolia s minimálním rizikem je směrodatná odchylka dokonce menší než v případě Markowitzova modelu. Vnitřních efektivních portfolií na efektivní křivce mezi portfolii s minimálním rizikem a maximálním očekávaným výnosem je celkem 6. V rámci Blackova modelu je vypočteno celkem 8 efektivních portfolií a vypočtené veličiny v in-sample období jsou shrnuty v tabulkách 4.7 a 4.8. Vývoj hodnoty portfolií v období in-sample lze vidět v grafu 4.11.

Graf 4.11: Vývoj bohatství portfolií dle Blackova modelu v in-sample období



Zdroj: vlastní zpracování

V grafu 4.11 je zobrazen vývoj bohatství portfolií dle modelu Blacka v in-sample období. Nejvyšší bohatství na konci období má portfolio 7, které téměř zpětinásobilo svou původní hodnotu 1 USD. Lze říci, že všechna portfolia mají rostoucí trend a téměř stejný vývoj, výjimkou je ovšem portfolio 8 s maximálním očekávaným výnosem. Z grafu je zřejmé, že portfolio 8 počátkem roku 2008 začalo prudce oscilovat. Během tří týdnů v září roku 2008 se portfoliová hodnota zvýšila o téměř 37 %. Poté přišel naopak prudký pokles o 39,76 % k 1. 12. 2008 oproti 22. 9. 2008. Podobný scénář se opakoval ještě dvakrát. Od konce srpna roku 2009 se portfolio 8 stabilizovalo a rostlo

jako ostatních 7 portfolií. Oproti Markowitzově modelu zde s výjimkou začátku investičního horizontu hodnota portfolia nikdy neklesla pod jeden dolar. Vzhledem k tomu, že je zde povolen krátký prodej a možnost investovat i v portfoliu 8 do více akcií, tak je zde určitá diverzifikace, ale ani ta příliš volatilitě nedokázala zabránit. Tak velká volatilita je zapříčiněna z velké části krátkým prodejem, který byl proveden nejvíce u společností AIG, C, GE a P, tedy u společností, které měly vlivem krize největší finanční problémy.

Tab. 4.7: Shrnutí výpočtů dle Blackova modelu v in-sample období

| | Bohatství na konci období (1 USD) | Bohatství na konci období (5 000 USD) | Očekávaný týdenní výnos portfolia | Očekávaný roční výnos portfolia | Rozptyl portfolia | Směrodatná odchylka portfolia | Směrodatná odchylka portfolia (p.a.) |
|-------------|--|--|--|--|----------------------|-------------------------------------|---|
| Portfolio 1 | 1,89176 | 9 458,811 | 0,22% | 11,33% | 0,00026 | 1,62% | 11,71% |
| Portfolio 2 | 2,22955 | 11 147,756 | 0,27% | 14,08% | 0,00027 | 1,64% | 11,81% |
| Portfolio 3 | 2,62360 | 13 117,985 | 0,32% | 16,84% | 0,00028 | 1,68% | 12,12% |
| Portfolio 4 | 3,08253 | 15 412,655 | 0,38% | 19,59% | 0,00031 | 1,75% | 12,62% |
| Portfolio 5 | 3,61619 | 18 080,935 | 0,43% | 22,35% | 0,00034 | 1,84% | 13,28% |
| Portfolio 6 | 4,23561 | 21 178,035 | 0,48% | 25,11% | 0,00038 | 1,95% | 14,09% |
| Portfolio 7 | 4,76386 | 23 819,279 | 0,54% | 27,86% | 0,00069 | 2,62% | 18,88% |
| Portfolio 8 | 3,58286 | 17 914,283 | 0,59% | 30,62% | 0,00329 | 5,74% | 41,36% |

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 4.8: Shrnutí dalších výpočtů dle Blackova modelu v in-sample období

| | Sharpeho poměr (p.a.) | Maximální pokles | Týdenní VaR $\alpha = 0,01$ | Týdenní VaR $\alpha = 0,05$ |
|-------------|--------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Portfolio 1 | 60,22% | 14,69% | 3,46% | 2,51% |
| Portfolio 2 | 83,01% | 12,74% | 3,37% | 2,31% |
| Portfolio 3 | 103,64% | 12,19% | 3,50% | 2,33% |
| Portfolio 4 | 121,40% | 12,04% | 3,61% | 2,37% |
| Portfolio 5 | 136,08% | 11,89% | 3,80% | 2,32% |
| Portfolio 6 | 147,81% | 12,37% | 3,97% | 2,51% |
| Portfolio 7 | 124,92% | 17,77% | 5,75% | 3,45% |
| Portfolio 8 | 63,69% | 58,14% | 20,50% | 7,08% |

Zdroj: vlastní zpracování

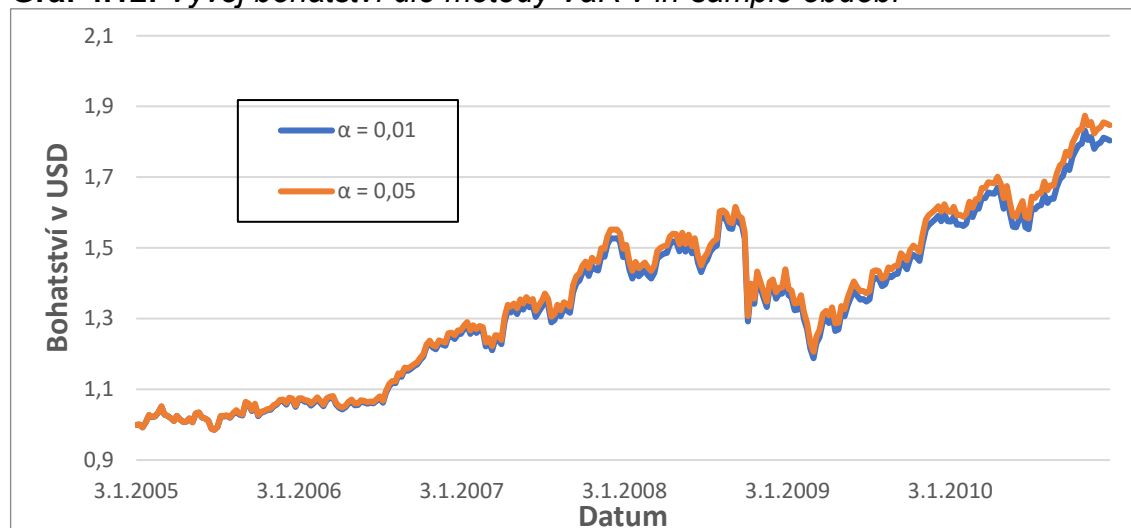
V tabulce 4.7 a 4.8 jsou zobrazeny výsledné hodnoty základních veličin osmi portfolií. Tyto hodnoty jsou vypočteny za pomoci Blackova modelu pro období in-sample. Portfolio s minimálním směrodatnou odchylkou představuje portfolio 1 a portfolio s maximálním očekávaným výnosem portfolio 8. Mezi těmito portfolii jsou

portfolia vnitřní. Riziko portfolia se při vyšším očekávaném výnosu zvyšuje. Z tabulek lze vidět, že portfolio s očekávaným maximálním výnosem nemá nejvyšší hodnotu bohatství a Sharpeho poměr je v tomto portfoliu druhý nejhorší. Portfolio 8 je zároveň také nejrizikovější. Z hlediska celkového bohatství lze jako nejlepší označit portfolio 7, které téměř zpětinásobilo svou hodnotu a vydělalo celkem 3,76386 USD. Při investici 5 000 USD portfolio vydělalo 18 819,279 USD, což lze označit za obrovský úspěch. Nejvýkonnějšího portfolio z hlediska Sharpeho poměru je portfolio 6 s hodnotou Sharpeho poměru 147,81 %. Dle indikátoru maximálního poklesu lze za nejstabilnější portfolio označit portfolio 5, které má nejmenší pokles investovaných prostředků v čase. Za předpokladu výběru portfolia podle Sharpeho poměru lze označit za nejlepší volbu portfolio 6, které disponuje i druhým největším konečným bohatstvím. Portfolio 7 s největším konečným bohatstvím má i vysoký Sharpeho poměr, přesněji třetí nejvyšší.

4.3.4 Value at Risk

Metodou Value at Risk lze zjistit nejmenší predikovanou ztrátu na dané hladině pravděpodobnosti za určitý časový okamžik. Vzhledem k tomu, že hlavním cílem diplomové práce je nalézt optimální portfolio pro investora s kapitálem 5 000 USD na začátku investičního horizontu, tak pro tuto hodnotu je minimalizována hodnota VaR. Úloha pro minimalizaci hodnoty VaR je definována v podkapitole 3.4.3. Cílem této podkapitoly je stanovit částku ztráty na dané hladině významnosti a za pomoci vah vypočítat veličiny pro portfolia. Váhy z in-sample období slouží k výpočtu i v out-of-sample období. Tyto váhy jsou zobrazeny v příloze č. 3.

Vývoj bohatství v in-sample období dle optimalizace na bázi VaR je zobrazen v grafu 4.12 pro $\alpha = 0,01$ a $\alpha = 0,05$.

Graf 4.12: Vývoj bohatství dle metody VaR v in-sample období

Zdroj: vlastní zpracování

Z grafu 4.12 lze říci, že vývoj bohatství při těchto hladinách významnosti je takřka stejný a vykazuje rostoucí trend. Největší pokles je zaznamenán 6. 10. 2008, kdy všechny akcie poklesly během týdne, některé až o 45 %. Portfoliová hodnota se k tomuto datu propadla o téměř 20 % během necelého měsíce. Podobná situace se opakovala začátkem března roku 2009.

Vypočtené veličiny v in-sample období pro metodu VaR jsou zobrazeny v tabulkách 4.9 a 4.10.

Tab. 4.9: Shrnutí výpočtů dle metody VaR v in-sample období

| | Bohatství na konci období (1 USD) | Bohatství na konci období (5 000 USD) | Očekávaný týdenní výnos portfolia | Očekávaný roční výnos portfolia | Rozptyl portfolia | Směrodatná odchylka portfolia | Směrodatná odchylka portfolia (p.a.) |
|---------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|-------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| VaR $\alpha = 0,01$ | 1,80318 | 9 015,884 | 0,21% | 10,76% | 0,00035 | 1,87% | 13,46% |
| VaR $\alpha = 0,05$ | 1,84702 | 9 235,076 | 0,21% | 11,17% | 0,00035 | 1,87% | 13,49% |

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 4.10: Shrnutí dalších výpočtů dle metody VaR v in-sample období

| | Sharpeho poměr (p.a.) | Maximální pokles | Týdenní VaR $W_0 = 5000$ USD | VaR $\alpha = 0,01$ | VaR $\alpha = 0,05$ |
|---------------------|-----------------------|------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|
| VaR $\alpha = 0,01$ | 48,17% | 25,65% | 206,83 | 3,62% | 3,63% |
| VaR $\alpha = 0,05$ | 51,07% | 25,38% | 143,14 | 2,57% | 2,52% |

Zdroj: vlastní zpracování

V tabulce 4.9 a 4.10 jsou zobrazeny výsledné hodnoty základních veličin portfolií při optimalizaci skrze metodu Value at Risk pro $\alpha = 0,01$ a $\alpha = 0,05$. U této metody je cílem minimalizovat hodnotu VaR na zmíněných hladinách pravděpodobností pro investora s počátečním vloženým kapitálem 5 000 USD. Téměř všechny vypočtené veličiny jsou nejlepší při portfoliu na 5% hladině pravděpodobnosti, které má všechny veličiny lepší než portfolio na 1% hladině pravděpodobnosti kromě směrodatné odchylky, ale rozdíl není velký. Dle tabulky 4.10 lze konstatovat, že s 95% pravděpodobností ztráta nebude vyšší než 143,14 USD za týden, takže pouze s 5% pravděpodobností bude týdenní ztráta vyšší než 143,14 USD. Tato hodnota je vypočtena při úloze pro minimalizaci hodnoty VaR. Výsledná hodnota v procentuálním vyjádření u portfolia VaR $\alpha = 0,01$ představuje, že pouze s 1% pravděpodobností bude ztráta vyšší než 3,62 % z investované částky za týden. Tato hodnota je vypočtena díky optimalizaci portfolia dle stanovených vah v in-sample období. Analogicky tomu je v případě 5% hladiny významnosti u téhož portfolia. Obdobná interpretace je i v případě portfolia VaR $\alpha = 0,05$, které má oproti portfoliu VaR $\alpha = 0,01$ lepší všechny hodnoty a lze označit za lepší portfolio.

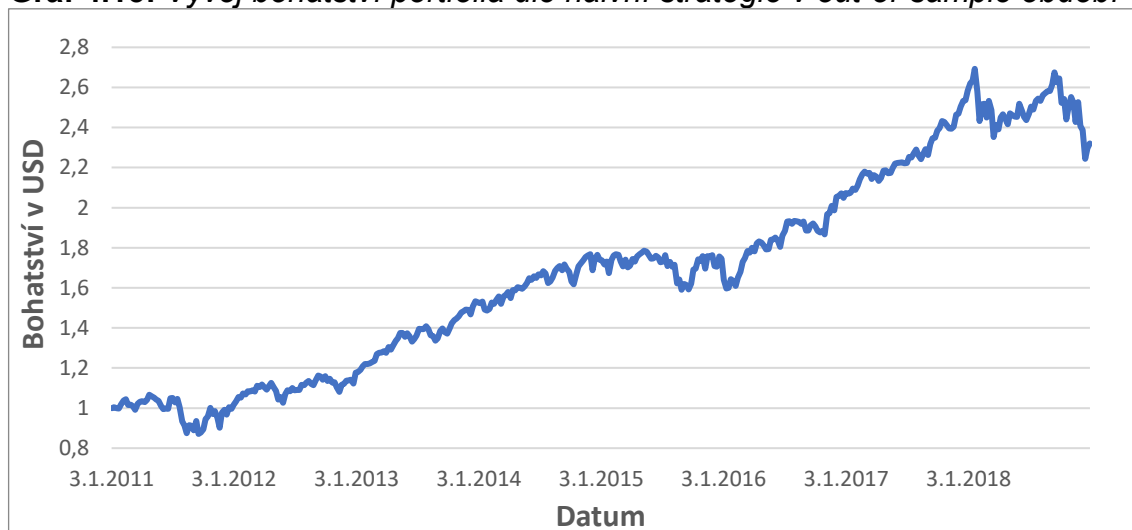
4.4 Aplikace vybraných modelů optimalizace portfolia v out-of-sample období

Tato část je zaměřena na výpočet portfolií definovaných v třetí kapitole pro období out-of-sample. V první řadě je vypočteno portfolio dle naivní strategie. Následně jsou vypočtena portfolia, u kterých byly stanoveny váhy v in-sample období. Jedná se o portfolia dle Markowitze, Blacka a metody Value at Risk. Týdenní výnosy akcií jsou brány z out-of-sample období. Investorovo bohatství na začátku out-of-sample období činí 5 000 dolarů. Počáteční bohatství je zde pro ilustraci jeden dolar.

4.4.1 Naivní strategie

Jak již bylo zmíněno, tak je vybráno celkem 29 akcií, které byly součástí indexu DJIA k 8. 4. 2005. Váha jedné akcie v tomto případě je 3,45 %, protože relativní podíl v portfoliu dle naivní strategie se stanoví zlomkem $\frac{1}{29}$. Naivní strategie se řadí mezi jednodušší metody, protože váhy lze snadně stanovit. Vývoj bohatství v out-of-sample období dle naivní strategie lze vidět v grafu 4.13. Vývoj týdenních výnosů portfolia je zobrazen v grafu 4.14.

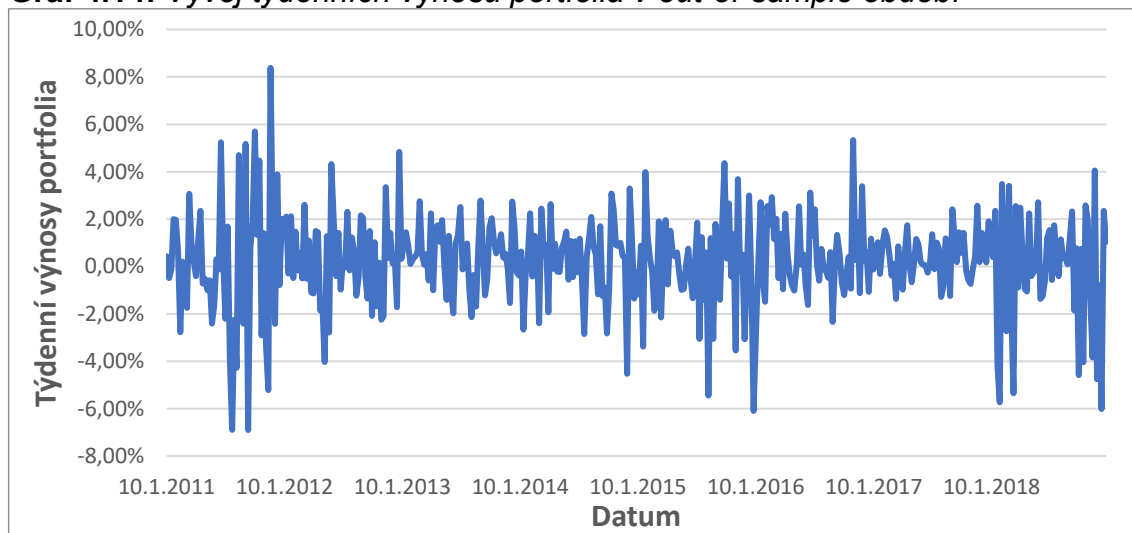
Graf 4.13: Vývoj bohatství portfolia dle naivní strategie v out-of-sample období



Zdroj: vlastní zpracování

Z grafu 4.13 je zřejmé, že po krizi se celosvětová ekonomika dostala do konjunktury, což lze vidět na vývoji bohatství, které poměrně rychle rostlo od začátku roku 2012. I dříve téměř bankrotem poznamenaným společnostem se začalo lépe dařit. Na konci roku 2018 přišel mírný propad bohatství o 13,26 %, což může znamenat blížící se recesi. Za celé out-of-sample období by jeden investovaný dolar vydělal 1,31991 dolarů, protože bohatství na konci je rovno 2,31991 USD.

Graf 4.14: Vývoj týdenních výnosů portfolia v out-of-sample období



Zdroj: vlastní zpracování

Výnosy týdenních portfolií v čase dle naivní strategie jsou zaznamenány v grafu 4.14. Během out-of-sample období průměrné týdenní výnosy portfolia

oscillovaly mezi kladnými a zápornými 6 % krom pár výjimek. Maximální výnos 8,38 % je dosažen 28. 11. 2011.

Následující tabulka 4.11 zobrazuje výsledné hodnoty základních veličin vypočtených v out-of-sample období dle naivní strategie. Pro stanovení Sharpeho poměru je žádoucí zjistit bezrizikovou sazbu. V rámci této diplomové práce plní funkci bezrizikové sazby výnos do splatnosti amerických desetiletých dluhopisů k počátku období out-of-sample. Výnos do splatnosti amerických dluhopisů na začátku out-of-sample období činí dle serveru www.investing.com 3,33 % p. a..

Tab. 4.11: Shrnutí výpočtů dle naivní strategie v out-of-sample období

| Základní veličiny | Hodnota |
|---------------------------------------|------------|
| Bohatství na konci období (1 USD) | 2,31991 |
| Bohatství na konci období (5 000 USD) | 11 599,572 |
| Průměrný týdenní výnos portfolia | 0,22% |
| Přepočtený roční výnos portfolia | 11,50% |
| Rozptyl portfolia | 0,00038 |
| Směrodatná odchylka portfolia | 1,95% |
| Směrodatná odchylka portfolia (p.a.) | 14,08% |
| Sharpeho poměr (p.a.) | 58,02% |
| Maximální pokles | 18,26% |
| Týdenní VaR $\alpha = 0,01$ | 5,69% |
| Týdenní VaR $\alpha = 0,05$ | 3,07% |

Zdroj: vlastní zpracování

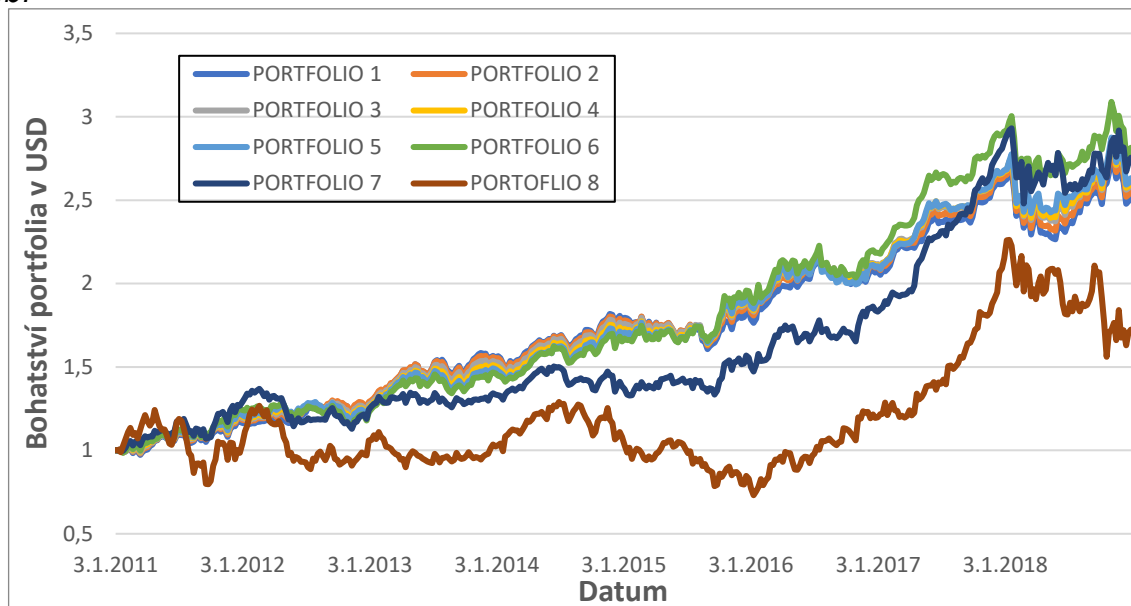
V tabulce 4.4 jsou zobrazeny výsledné hodnoty vypočtených veličin v out-of-sample období pro portfolio dle naivní strategie. Roční očekávaný výnos dle naivní strategie činí 8,95 %. Portfolio má poměrně dobrou hodnotu maximálního poklesu hodnoty během analyzovaného období, a to 18,26 %. Sharpeho poměr dosahuje celkem 58,02 %. Lze také říci, že s 95% pravděpodobností ztráta nebude vyšší než 3,07 % za týden z celkové investované částky.

4.4.2 Markowitzův model

V této části je proveden výpočet portfolií dle Markowitze v out-of-sample období za pomoci vah stanovených v in-sample období. Markowitzův model patří do mean-variance modelů a vychází ze střední hodnoty funkce užitku. Investovat lze pouze do rizikových aktiv. Předpokladem je averze investora vůči riziku. U Markowitzova modelu není povolen krátký prodej. Váhy, ze kterých se počítají portfolia v out-of-sample období jsou zobrazeny v příloze č. 1.

V rámci této diplomové práce je pro Markowitzův model počítáno celkem 8 portfolií. Vypočtená portfolia v out-of-sample období jsou shrnuta v následujících tabulkách 4.12 a 4.13. Vývoj hodnoty všech portfolií v out-of-sample období je zobrazen v grafu 4.15.

Graf 4.15: Vývoj bohatství portfolií dle Markowitzova modelu v out-of-sample období



Zdroj: vlastní zpracování

V grafu 4.15 lze vidět vývoj hodnoty portfolií dle Markowitzova modelu v čase. Z grafu nelze jednoznačně určit, které z portfolií má na konci období out-of-sample největší hodnotu. Jisté je ovšem to, že portfolio 8, které mělo v in-sample období maximálním očekávaný výnos má na konci nejmenší bohatství. Dle vah vypočtených v in-sample období se 100 % vložené částky investuje do akcie společnosti CAT, která měla v in-sample období největší očekávaný výnos. V období out-of-sample se ji z hlediska výnosnosti tolik nevedlo. Akcie společnosti CAT klesly až na 18. nejvýnosnější z celkem 29 akcií v tomto období. Hodnota portfolia 8 složeného jen z akcie společnosti CAT oscilovalo kolem jednoho dolaru. Až od poloviny července roku 2016 se hodnota portfolia zvyšovala. Hodnota ostatních portfolií rostla již od začátku out-of-sample období.

Tab. 4.12: Shrnutí výpočtů dle Markowitzova modelu v out-of-sample období

| | Bohatství na konci období (1 USD) | Bohatství na konci období (5 000 USD) | Průměrný týdenní výnos portfolia | Průměrný roční výnos portfolia | Rozptyl portfolia | Směrodatná odchylka portfolia | Směrodatná odchylka portfolia (p.a.) |
|-------------|--|--|---|---|----------------------|-------------------------------------|---|
| Portfolio 1 | 2,52422 | 12 621,087 | 0,23% | 12,18% | 0,00024 | 1,54% | 11,10% |
| Portfolio 2 | 2,56255 | 12 812,754 | 0,24% | 12,36% | 0,00024 | 1,54% | 11,08% |
| Portfolio 3 | 2,60424 | 13 021,212 | 0,24% | 12,58% | 0,00024 | 1,56% | 11,22% |
| Portfolio 4 | 2,61228 | 13 061,382 | 0,24% | 12,65% | 0,00025 | 1,59% | 11,49% |
| Portfolio 5 | 2,63226 | 13 161,324 | 0,25% | 12,79% | 0,00027 | 1,65% | 11,88% |
| Portfolio 6 | 2,81495 | 14 074,733 | 0,26% | 13,70% | 0,00030 | 1,73% | 12,49% |
| Portfolio 7 | 2,75550 | 13 777,519 | 0,27% | 13,78% | 0,00043 | 2,08% | 15,00% |
| Portfolio 8 | 1,72435 | 8 621,747 | 0,20% | 10,53% | 0,00143 | 3,79% | 27,30% |

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 4.13: Shrnutí dalších výpočtů dle Markowitzova modelu v out-of-sample období

| | Sharpeho poměr (p.a.) | Maximální pokles | Týdenní VaR $\alpha = 0,01$ | Týdenní VaR $\alpha = 0,05$ |
|-------------|--------------------------|---------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Portfolio 1 | 79,68% | 15,21% | 4,03% | 2,42% |
| Portfolio 2 | 81,52% | 14,42% | 3,91% | 2,41% |
| Portfolio 3 | 82,46% | 13,66% | 4,09% | 2,39% |
| Portfolio 4 | 81,13% | 12,99% | 4,18% | 2,38% |
| Portfolio 5 | 79,66% | 12,72% | 4,07% | 2,53% |
| Portfolio 6 | 83,05% | 13,25% | 5,01% | 2,67% |
| Portfolio 7 | 69,68% | 17,57% | 5,15% | 3,33% |
| Portfolio 8 | 26,37% | 43,30% | 9,50% | 5,86% |

Zdroj: vlastní zpracování

V tabulce 4.12 a 4.13 jsou shrnuty výsledky základních veličin 8 portfolií vypočtených dle modelu Markowitzova v out-of-sample období za pomoci vah stanovených v in-sample období. Portfolio 1 v in-sample období představovalo portfolio s minimálním směrodatnou odchylkou a portfolio 8 portfolio s maximálním očekávaným výnosem. V out-of-sample období toto neplatí, protože portfolio 1 nemá nejmenší směrodatnou odchylku a portfolio 8 nedosahuje největšího výnosu. Při zvyšování skutečného průměrného výnosu se zvyšuje i směrodatná odchylka, tedy riziko portfolia, ale v tomto případě existují dvě výjimky. Portfolio 8 má nejmenší výnos, ale největší suverénně největší směrodatnou odchylku. Ze všech hledisek se jedná o nejhorší portfolio. Hodnoty Sharpeho poměru i indikátoru maximálního poklesu jsou toho důkazem. Portfolio 1 nemá nejmenší riziko, i když skutečný průměrný výnos je nejmenší, ale u tohoto portfolia je to pouze nepatrné. Z tabulky 4.12 lze také

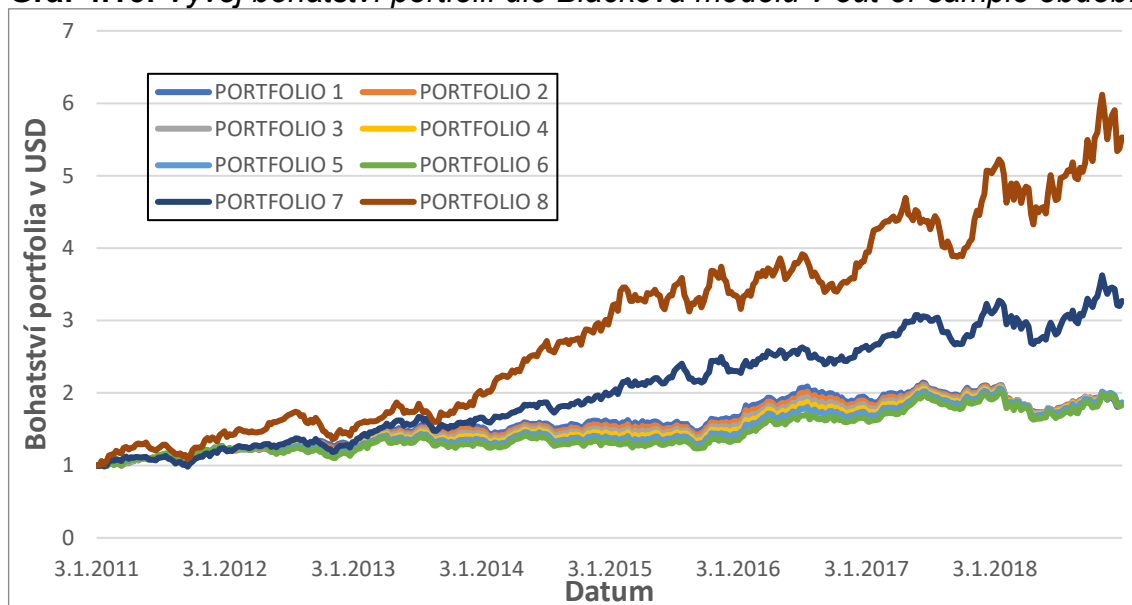
konstatovat, že zvyšující se průměrný výnos portfolia nemusí nutně znamenat zvyšující se bohatství. To samé platí i pro Sharpeho poměr a indikátor maximálního poklesu. Z hlediska těchto dvou měr výkonnosti se jeví jako nejlepší volba portfolio 6 dle Sharpeho poměru a portfolio 5 dle maximálního procentuálního poklesu hodnoty vložených prostředků. Portfolio 6 má zároveň největší hodnotu portfolia na konci out-of-sample období, kde hodnota činí 2,81495 USD, respektive 14 074,733 USD v případě investované částky 5 000 USD. Lze říci, že portfolio 6 téměř ztrojnásobilo svou počáteční hodnotu. Jeden investovaný dolar vydělal 1,81495 USD. Portfolio 7 sice má největší průměrný výnos, ale Sharpeho poměr a indikátor maximálního poklesu, který určuje stabilitu portfolia je druhý nejhorší. Dobrou volbou pro investici je tedy portfolio 6, protože má nejlepší výkonnost dle Sharpeho poměru, největší hodnotu bohatství na konci období a poměrně nízkou hodnotu maximálního poklesu hodnoty.

4.4.3 Blackův model

V modelu dle Blacka je oproti Markowitzově modelu povolen krátký prodej jinak vychází ze stejných předpokladů. Jak již bylo vysvětleno v podkapitole 4.3.2, tak došlo k menší úpravě ve stanovení vah portfolia v in-sample období kvůli větší reálnosti tohoto modelu. Relativní složení portfolií dle Blackova modelu lze stanovit dle úlohy definované v podkapitole 3.4.2. V out-of-sample období jsou váhy portfolií totožné s váhami v in-sample období. Tyto váhy jsou zobrazeny v příloze č. 2.

Pro Blackův model je v rámci této podkapitoly vypočteno celkem 8 portfolií. Vypočtené základní veličiny portfolií v out-of-sample období jsou zobrazeny v tabulkách 4.14 a 4.15. Vývoj bohatství v období out-of-sample lze vidět v grafu 4.16.

Graf 4.16: Vývoj bohatství portfolií dle Blackova modelu v out-of-sample období



Zdroj: vlastní zpracování

V grafu 4.16 je zobrazen vývoj bohatství portfolií dle modelu Blacka v out-of-sample období. Nejvyšší hodnotu portfolia na konci období 5,52862 USD má portfolio 8, které téměř šest krát vzrostlo oproti hodnotě na začátku. Všechna portfolia mají rostoucí trend. Portfolia 1 – 6 mají takřka stejný vývoj, ale bohatství na konci u těchto portfolií je pouze okolo dvou dolarů. Oproti Markowitzově modelu zde s výjimkou začátku investičního horizontu hodnota portfolia nikdy neklesla pod jeden dolar.

Tab. 4.14: Shrnutí výpočtů dle Blackova modelu v out-of-sample období

| | Bohatství na konci období (1 USD) | Bohatství na konci období (5 000 USD) | Průměrný týdenní výnos portfolia | Průměrný roční výnos portfolia | Rozptyl portfolia | Směrodatná odchylka portfolia | Směrodatná odchylka portfolia (p.a.) |
|-------------|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| Portfolio 1 | 1,83646 | 9 182,323 | 0,16% | 8,29% | 0,00027 | 1,65% | 11,89% |
| Portfolio 2 | 1,85147 | 9 257,364 | 0,16% | 8,41% | 0,00028 | 1,67% | 12,04% |
| Portfolio 3 | 1,86205 | 9 310,264 | 0,16% | 8,52% | 0,00029 | 1,72% | 12,37% |
| Portfolio 4 | 1,86778 | 9 338,898 | 0,17% | 8,63% | 0,00032 | 1,78% | 12,86% |
| Portfolio 5 | 1,87162 | 9 358,096 | 0,17% | 8,74% | 0,00035 | 1,87% | 13,50% |
| Portfolio 6 | 1,83558 | 9 177,887 | 0,17% | 8,61% | 0,00040 | 1,99% | 14,34% |
| Portfolio 7 | 3,26868 | 16 343,423 | 0,31% | 16,05% | 0,00048 | 2,20% | 15,88% |
| Portfolio 8 | 5,52862 | 27 643,121 | 0,45% | 23,38% | 0,00078 | 2,79% | 20,11% |

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 4.15: *Shrnutí dalších výpočtů dle Blackova modelu v out-of-sample období*

| | Sharpeho poměr (p.a.) | Maximální pokles | Týdenní VaR $\alpha = 0,01$ | Týdenní VaR $\alpha = 0,05$ |
|-------------|--------------------------|------------------|--------------------------------|--------------------------------|
| Portfolio 1 | 41,75% | 19,52% | 3,70% | 2,56% |
| Portfolio 2 | 42,23% | 18,77% | 3,58% | 2,53% |
| Portfolio 3 | 42,01% | 18,13% | 3,77% | 2,63% |
| Portfolio 4 | 41,18% | 18,28% | 3,99% | 2,72% |
| Portfolio 5 | 40,05% | 18,43% | 4,27% | 2,90% |
| Portfolio 6 | 36,84% | 19,19% | 4,66% | 3,12% |
| Portfolio 7 | 80,14% | 18,38% | 4,47% | 3,32% |
| Portfolio 8 | 99,74% | 21,87% | 5,73% | 4,26% |

Zdroj: vlastní zpracování

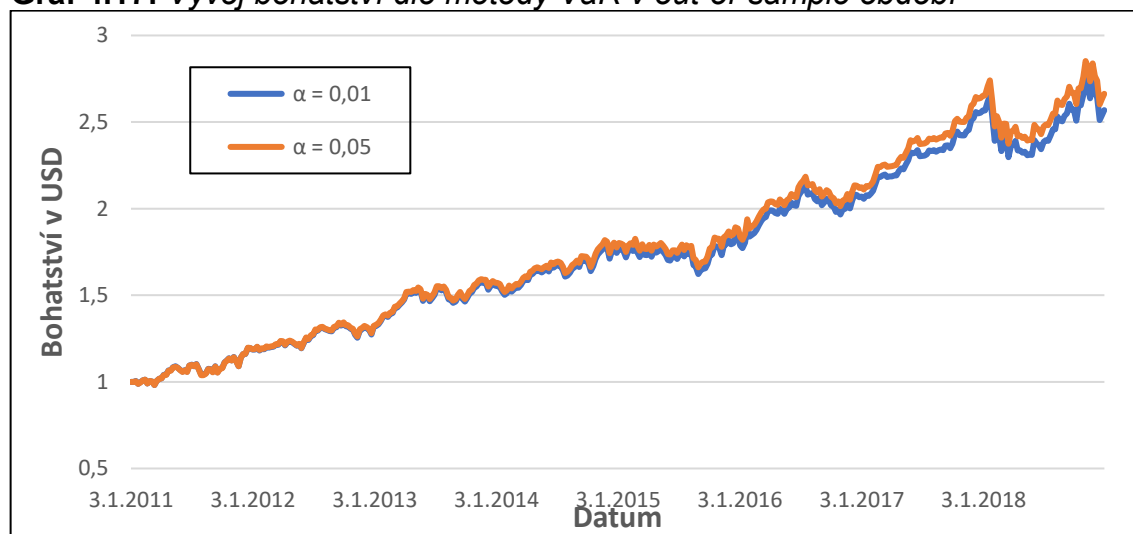
V tabulce 4.14 a 4.15 jsou zobrazeny výsledné hodnoty 8 portfolií. Hodnoty jsou vypočteny za pomoci vah stanovených dle Blackova modelu v období in-sample. Oproti Markowitzově modelu v out-of-sample období zde platí, že se směrodatná odchylka portfolia při vyšší střední hodnotě výnosu zvyšuje. Z tabulek lze vidět, že portfolio 8 s maximálním výnosem má nejvyšší hodnotu bohatství i výkonnost dle Sharpeho poměr, který činí 99,74 %. Nicméně je nejvíce rizikové, protože má největší hodnotu směrodatné odchylky, procentuální hodnoty VaR a hlavně indikátor maximálního procentuálního poklesu hodnoty vložených prostředků. Indikátor maximálního poklesu ovšem není příliš velký a dosahuje pouze 21,87 %. Hodnota portfolia 8 na konci činí 5,52862 USD a při investici na začátku 5 000 dolarů pak 27 6433,121 USD, což je za celkově 8 let v out-of-sample neuvěřitelné číslo. Podle indikátoru maximálního poklesu lze za nejstabilnější portfolio označit portfolio 3, které má nejmenší pokles investovaných prostředků v čase. Za předpokladu výběru portfolia dle Sharpeho poměru lze označit za nejlepší volbu portfolio 8, které zároveň disponuje i největším konečným bohatstvím.

4.4.4 Value at Risk

V této části jsou provedeny výpočty portfolií metodou Value at Risk. Cílem je minimalizovat hodnotu VaR pro investora s kapitálem 5 000 USD na začátku investičního horizontu. Úloha pro minimalizaci hodnoty VaR je definována v podkapitole 3.4.3. V out-of-sample období se vychází z vah stanovených v in-sample období. Váhy jsou zobrazeny v příloze č. 3.

Vývoj hodnoty portfolia v out-of-sample období na bázi VaR je zobrazen v grafu 4.17 pro $\alpha = 0,01$ a $\alpha = 0,05$.

Graf 4.17: Vývoj bohatství dle metody VaR v out-of-sample období



Zdroj: vlastní zpracování

Z grafu 4.17 lze vidět, že vývoj hodnoty portfolia na obou hladinách pravděpodobnosti je téměř stejný s rostoucím trendem.

Základní veličiny vypočtené metodou VaR v out-of-sample období jsou zobrazeny v tabulkách 4.16 a 4.17.

Tab. 4.16: Shrnutí výpočtů dle metody VaR v out-of-sample období

| | Bohatství na konci období (1 USD) | Bohatství na konci období (5 000 USD) | Průměrný týdenní výnos portfolia | Průměrný roční výnos portfolia | Rozptyl portfolia | Směrodatná odchylka portfolia | Směrodatná odchylka portfolia (p.a.) |
|---------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-------------------|-------------------------------|--------------------------------------|
| VaR $\alpha = 0,01$ | 2,56843 | 12 842,157 | 0,24% | 12,37% | 0,00023 | 1,51% | 10,86% |
| VaR $\alpha = 0,05$ | 2,66395 | 13 319,762 | 0,25% | 12,83% | 0,00023 | 1,51% | 10,89% |

Zdroj: vlastní zpracování

Tab. 4.17: Shrnutí dalších výpočtů dle metody VaR v out-of-sample období

| | Sharpeho poměr (p.a.) | Maximální pokles | Týdenní VaR $W_0 = 5000$ USD | VaR $\alpha = 0,01$ | VaR $\alpha = 0,05$ |
|---------------------|-----------------------|------------------|------------------------------|---------------------|---------------------|
| VaR $\alpha = 0,01$ | 83,24% | 13,31% | 163,26 | 4,05% | 4,03% |
| VaR $\alpha = 0,05$ | 87,21% | 13,37% | 111,89 | 2,47% | 2,42% |

Zdroj: vlastní zpracování

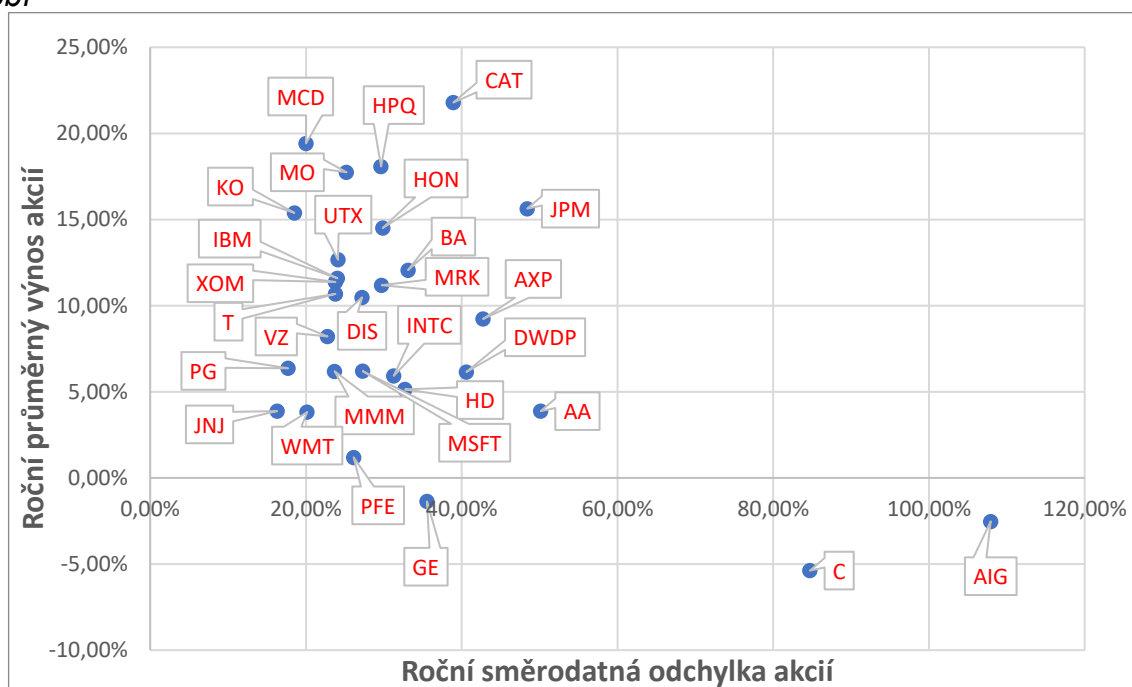
V tabulce 4.16 a 4.17 jsou výsledné hodnoty základních veličin portfolií metody Value at Risk pro $\alpha = 0,01$ a $\alpha = 0,05$ v out-of-sample období. Portfolio při 5% hladině pravděpodobnosti má všechny veličiny lepší, krom rizika, které je vyjádřeno směrodatnou odchylkou a také indikátorem maximálního poklesu, který určuje stabilitu portfolia. Dle tabulky 4.17 lze konstatovat, že s 95% pravděpodobností ztráta nebude vyšší než 111,89 USD za týden, takže pouze s 5% pravděpodobností bude týdenní ztráta vyšší než 111,89 USD. Hodnota je vypočtena při úloze pro minimalizaci hodnoty VaR. Výsledná hodnota v procentuálním vyjádření u portfolia u portfolia VaR $\alpha = 0,05$ představuje, že pouze s 5% pravděpodobností bude ztráta vyšší než 2,42 % z investované částky za týden. Analogicky tomu je v případě 1% hladiny významnosti a z hlediska portfolia VaR $\alpha = 0,01$. Díky výsledkům lze za lepší portfolio považovat portfolio VaR $\alpha = 0,05$, které má lepší téměř všechny hodnoty s výjimkou maximálního poklesu hodnoty, ale pouze nepatrně.

4.5 Komparace obou období a vypočtených strategií

Tato část je zaměřena na porovnání období in-sample a out-of-sample a zároveň všech vypočtených portfolií dle daných modelů. Analyzované období trvá celkem 14 let s tím, že in-sample období od 3. 1. 2005 do 27. 12. 2010 a out-of-sample období od 3. 1. 2011 do 31. 12. 2018. V podkapitolách 4.3 a 4.4 byly vypočteny modely sloužící ke stanovení optimálního portfolia, u kterých byly vypočteny výnosy, rozptyly, směrodatné odchylky, bohatství portfolií na konci daného období, Sharpeho poměry, indikátory maximálního poklesu hodnoty a také procentuální hodnoty VaR. V této části je provedeno porovnání všech portfolií.

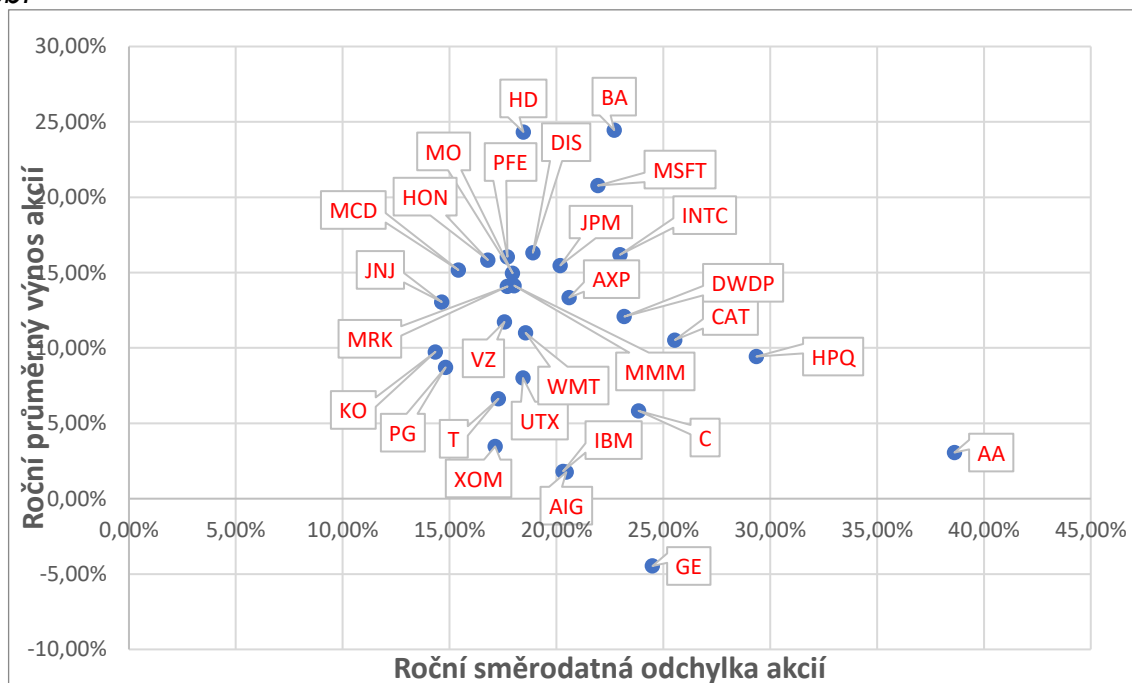
V grafech 4.18 a 4.19 jsou porovnány jednotlivé akcie z hlediska výnosnosti a směrodatné odchylky v obou obdobích.

Graf 4.18: Roční průměrný výnos a směrodatná odchylka akcií v in-sample období



Zdroj: vlastní zpracování

Graf 4.19: Roční průměrný výnos a směrodatná odchylka akcií v out-of-sample období



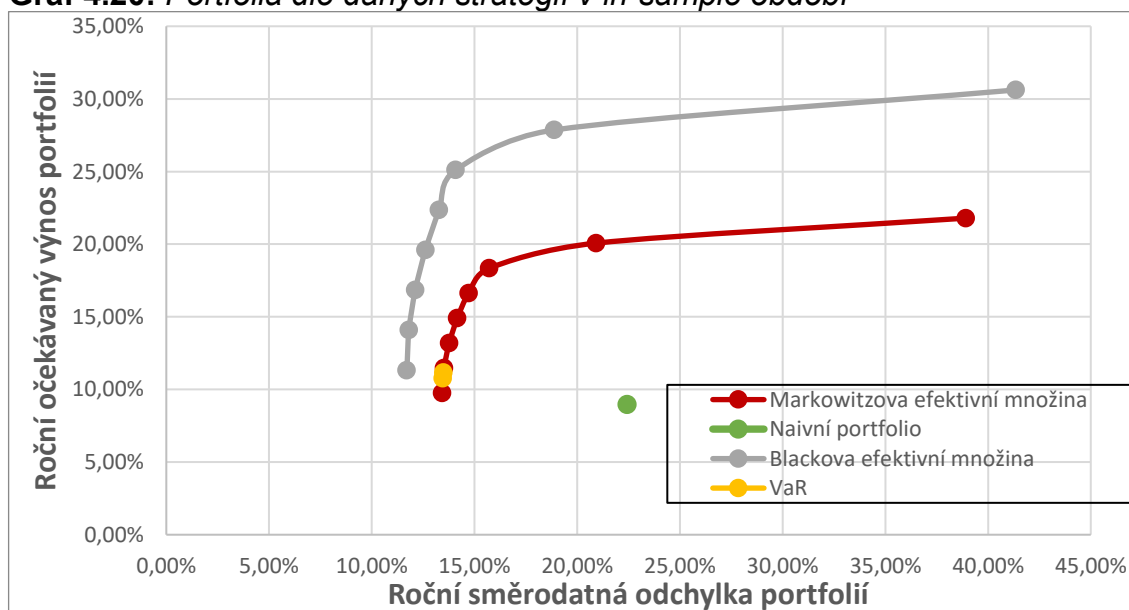
Zdroj: vlastní zpracování

V grafech 4.18 a 4.19 lze vidět, že v období in-sample mají akcie větší hodnoty směrodatné odchylky ve většině případů. V období in-sample je hodnota směrodatné odchylky pod 20 % pouze u tří společností, kdežto v období out-of-sample hned

16 z 29 společností. Hodnota směrodatných odchylek v in-sample období se pohybuje od cca 16 % do cirká 51 % s výjimkami u akcií společností C a AIG, u kterých je hodnota směrodatné odchylky dokonce přes 80 %. V období out-of-sample hodnoty směrodatných odchylek nepřesáhly 30 % s výjimkou akcie AA. Směrodatné odchylky se zlepšily u všech akcií v out-of-sample období. Období out-of-sample lze tedy označit za méně rizikové. Z hlediska výnosů akcií dosahují záporných výnosů tři společnosti, kdežto v období out-of-sample pouze společnost GE. Největší růst lze vidět u akcie společnosti PFE, kde střední hodnota výnosu v in-sample období byla pouze 1,19 %, kdežto v období out-of-sample 16,05 %. Nárůst v procentuálním vyjádření dosahuje 1 243,59 %. Naopak největší pokles 84,32 % zaznamenala akcie společnosti IBM, ale hodnota směrodatné odchylky je kupodivu nižší, než v in-sample období při takovém poklesu skutečného průměrného výnosu. Nejvyšší výnos v in-sample období měla společnost CAT, ale v období out-of-sample průměrný výnos poklesl o více než 50 %.

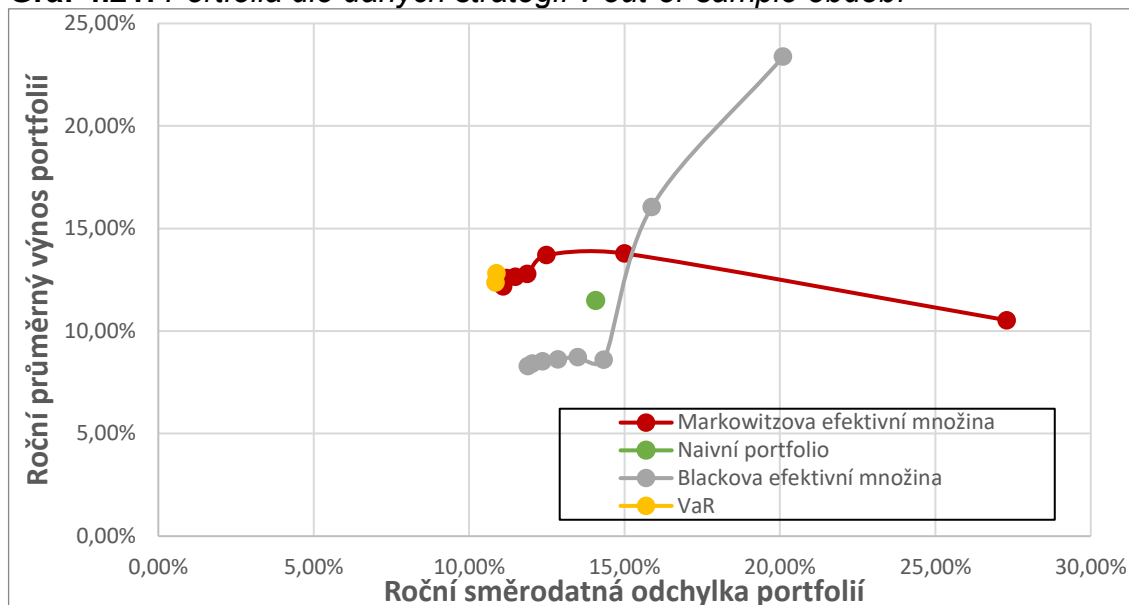
Na grafech 4.20 a 4.21 jsou zobrazena portfolia, která jsou vypočtena dle daných metod v obou obdobích. Červenou barvou jsou vyznačena portfolia dle Markowitzova modelu, šedou barvou portfolia dle Blackova modelu, zelenou barvou je vyznačeno portfolio dle naivní strategie a žlutou barvou portfolia dle metody Value at Risk na daných hladinách významnosti.

Graf 4.20: Portfolia dle daných strategií v in-sample období



Zdroj: vlastní zpracování

Graf 4.21: Portfolia dle daných strategií v out-of-sample období



Zdroj: vlastní zpracování

Dle grafů 4.20 a 4.21 lze vidět, že portfoliový výnos se při naivní strategii vyznačené zelenou barvou v out-of-sample zvýšil na 11,5 % oproti in-sample období, kde střední hodnota výnosu dosahovala necelých devět procent. Směrodatná odchylka poklesla, což znamená, že se snížilo riziko. Je tedy dosahováno vyššího výnosu při nižší míře rizika. Všechny veličiny jsou v out-of-sample na lepších hodnotách než v případě in-sample období.

V rámci Markowitzova modelu je stanoveno 8 efektivních portfolií, které jsou vyznačeny červenou barvou. Díky vyznačeným grafům lze říci, že v období out-of-sample je směrodatná odchylka u všech portfolií nižší, než v případě in-sample období. Skutečné průměrné výnosy portfolií v out-of-sample období překonaly období in-sample pouze v případě prvních třech portfolií, což není pro investora příliš dobrá zpráva. Lze také vidět, že portfolio 8, které kromě největší směrodatné odchylky má také nejmenší skutečný výnos. V prvních 7 portfoliích dle Markowitze v out-of-sample období tomu tak nebylo.

Z hlediska Blackova modelu, jehož efektivní množina je v grafech 4.20 a 4.21 vyznačena šedou barvou, lze říci, že v období in-sample při nižší míře rizika dosahuje vyšších výnosů než u modelu Markowitze. Výjimkou je portfolio 8, které má jako jediné větší směrodatnou odchylku. V případě období out-of-sample to ale neplatí, protože u prvních sedmi portfolií existuje větší riziko než u Markowitze a u prvních 6 portfolií je

dokonce dosaženo menší výnosnosti. Za nejlepší portfolio v out-of-sample období z hlediska výnosnosti a bohatství lze označit portfolio 8 dle Blackova modelu, které má zároveň vůbec nejlepší Sharpeho poměr v tomto období. Portfolio 8 má také největší výnosnost v in-sample i out-of-sample období v porovnání se všemi ostatními portfolii dle daných metod. V in-sample období očekávaný výnos dosahuje 30,62 %, ale zároveň je u tohoto portfolia největší riziko, respektive směrodatná odchylka, která dosahuje hodnoty 41,36 %. V out-of-sample období je skutečný průměrný výnos osmého portfolia 23,38 % s nižší směrodatnou odchylkou s hodnotou 20,11 %, a zároveň i zlepšením indikátoru maximálního poklesu. Vzhledem k výši výnosnosti je tato směrodatná odchylka akceptovatelná. Ve srovnání s obdobím in-sample má ovšem období out-of-sample horší výnosnost u všech portfolií a směrodatnou odchylku s výjimkou portfolií 7 a 8 stanovených dle Blackova modelu.

V portfoliích dle metody VaR, která je v grafech vyznačena žlutou barvou, dosahují hodnoty v out-of-sample období lepších hodnot u obou portfolií při daných hladinách významnosti než v in-sample období.

V tabulce 4.18 jsou zobrazeny hodnoty bohatství na konci období při počáteční investované částce 5 000 USD, dále hodnoty Sharpeho poměru a maximální procentuální pokles hodnoty, dle kterých je provedeno další porovnání portfolií. Jsou zde zobrazeny výsledné hodnoty in-sample i out-of-sample období zmíněných veličin. Všechny základní veličiny portfolií jsou zobrazeny v příloze č. 4 pro in-sample období a v příloze č.5 pro out-of-sample období.

Tab. 4.18: Shrnutí výsledků bohatství, Sharpeho poměru a maximálního poklesu v obou obdobích

| Portfolia | In-sample | Out-of-sample | In-sample | Out-of-sample | In-sample | Out-of-sample |
|---------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|-----------------------|------------------|------------------|
| | Bohatství na konci období (5 000 USD) | Bohatství na konci období (5 000 USD) | Sharpeho poměr (p.a.) | Sharpeho poměr (p.a.) | Maximální pokles | Maximální pokles |
| Naivní strategie | 7 349,947 | 11 599,572 | 20,84% | 58,02% | 58,84% | 18,26% |
| M - Portfolio 1 | 8 483,599 | 12 621,087 | 40,67% | 79,68% | 26,52% | 15,21% |
| M - Portfolio 2 | 9 398,526 | 12 812,754 | 53,15% | 81,52% | 25,29% | 14,42% |
| M - Portfolio 3 | 10 398,433 | 13 021,212 | 64,69% | 82,46% | 24,59% | 13,66% |
| M - Portfolio 4 | 11 489,284 | 13 061,382 | 75,04% | 81,13% | 23,96% | 12,99% |
| M - Portfolio 5 | 12 675,180 | 13 161,324 | 83,89% | 79,66% | 24,12% | 12,72% |
| M - Portfolio 6 | 13 929,922 | 14 074,733 | 89,50% | 83,05% | 23,14% | 13,25% |
| M - Portfolio 7 | 14 590,885 | 13 777,519 | 75,49% | 69,68% | 36,34% | 17,57% |
| M - Portfolio 8 | 11 723,217 | 8 621,747 | 45,00% | 26,37% | 71,89% | 43,30% |
| B - Portfolio 1 | 9 458,811 | 9 182,323 | 60,22% | 41,75% | 14,69% | 19,52% |
| B - Portfolio 2 | 11 147,756 | 9 257,364 | 83,01% | 42,23% | 12,74% | 18,77% |
| B - Portfolio 3 | 13 117,985 | 9 310,264 | 103,64% | 42,01% | 12,19% | 18,13% |
| B - Portfolio 4 | 15 412,655 | 9 338,898 | 121,40% | 41,18% | 12,04% | 18,28% |
| B - Portfolio 5 | 18 080,935 | 9 358,096 | 136,08% | 40,05% | 11,89% | 18,43% |
| B - Portfolio 6 | 21 178,035 | 9 177,887 | 147,81% | 36,84% | 12,37% | 19,19% |
| B - Portfolio 7 | 23 819,279 | 16 343,423 | 124,92% | 80,14% | 17,77% | 18,38% |
| B - Portfolio 8 | 17 914,283 | 27 643,121 | 63,69% | 99,74% | 58,14% | 21,87% |
| VaR $\alpha = 0,01$ | 9 015,884 | 12 842,157 | 48,17% | 83,24% | 25,65% | 13,31% |
| VaR $\alpha = 0,05$ | 9 235,076 | 13 319,762 | 51,07% | 87,21% | 25,38% | 13,37% |

Zdroj: vlastní zpracování

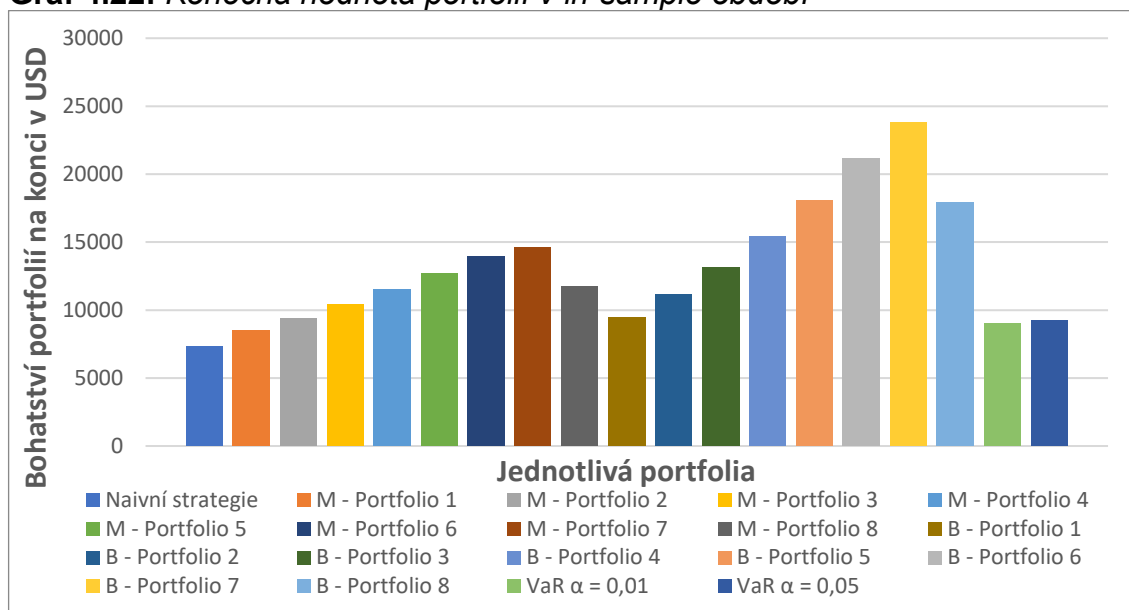
Z tabulky 4.18 lze říci, že největšího bohatství je dosahováno v in-sample období u portfolia 7 a v out-of-sample období u portfolia 8, kde hodnota během 8 let stoupla o 22 643,121 USD, navýšení je tak více než 450 %. V obou případech se jedná o portfolio dle Blackova modelu. Většina portfolií svou hodnotu v out-of-sample období navýšila, kromě všech portfolií dle Blacka s výjimkou již zmíněného portfolia 8. Portfolia 1 – 6 vypočtené Blackovým modelem jsou v out-of-sample období z hlediska bohatství jedny z nejhorších. Hodnota portfolia se snížila také v případě dvou portfolií dle Markowitze, přesněji u portfolia 7 a 8. Nejhorší hodnotu bohatství v in-sample období má naivní strategie. U období out-of-sample zase portfolio 8 dle Markowitze.

Z hlediska Sharpeho poměru lze vidět zlepšení v out-of-sample období u portfolií dle naivní strategie, prvních 4 portfolií dle Markowitzova modelu, portfolia 8 dle Blackova modelu a u obou portfolií dle metody VaR. U všech ostatních portfolií došlo ke zhoršení hodnoty Sharpeho poměru. Největší pokles hodnot lze vidět v tabulce 4.18 u portfolií dle Blackova modelu, kde nejvyšší hodnota v in-sample období 147,81 % je u portfolia 6, ale v out-of-sample období pouze 36,84 %, což je druhá nejhorší hodnota Sharpeho poměru v out-of-sample období po portfoliu 8 dle Markowitze, kde hodnota dosahuje pouze 26,37 %. Nejnižší hodnota Sharpeho poměru v in-sample období je u portfolia dle naivní strategie. Jak již bylo zmíněno, tak u Blackova modelu došlo ke zlepšení pouze u portfolia 8 s hodnotou 99,74 %, což je nejvyšší hodnota Sharpeho poměru v out-of-sample období, a proto lze označit dle kritéria rozhodování za pomoci Sharpeho poměru za nejlepší volbu pro investování. Portfolio 8 má dokonce i největší hodnotu bohatství na konci, jak bylo zmíněno výše. V in-sample období patřilo portfolio 8 dle Blackova modelu v rámci Sharpeho poměru k těm horším s hodnotou 63,69 %.

Dalším indikátorem míry výkonnosti portfolia, které slouží k určení preferencí mezi portfolii je indikátor maximálního poklesu, který lze označit za ukazatel rizika, protože určuje maximální procentuální pokles hodnoty portfolia v určitém časovém období. Pro investory je tento indikátor důležitý. V tabulce 4.18 jsou zobrazeny výsledné hodnoty maximálního poklesu v obou obdobích. Díky hodnot v tabulce lze říci, že indikátor maximálního procentuálního poklesu hodnoty se zlepšil u téměř všech portfolií v out-of-sample období s výjimkou portfolií 1 – 7 vypočtených Blackovým modelem. Žádoucí je co nejnižší hodnota. Nejhorší, tudíž nejvyšší hodnoty maximálního poklesu jsou zaznamenány u portfolia 8 dle Markowitzova modelu v obou obdobích. Nejlepší hodnoty 11,89 % v in-sample období dosahuje portfolio 5 dle Blackova modelu. S výjimkou portfolia 8 lze v in-sample období označit za nejlepší portfolia podle hodnoty maximálního poklesu portfolia, která byla počtena za pomoci Blackova modelu, ale v out-of-sample období patří k těm horším. V out-of-sample období dosahuje nejnižší hodnoty maximálního poklesu portfolio 5 vypočtené Markowitzovým modelem. Za celkově nejlepší portfolia dle hodnoty maximálního poklesu lze označit portfolia dle Markowitze s výjimkou portfolia 8 a dále také portfolia dle metody VaR. Největší zlepšení lze vidět u portfolií dle naivní strategie a portfolia 8 dle Blackova modelu, kde u obou došlo ke zlepšení hodnoty o cca 40 p. b.

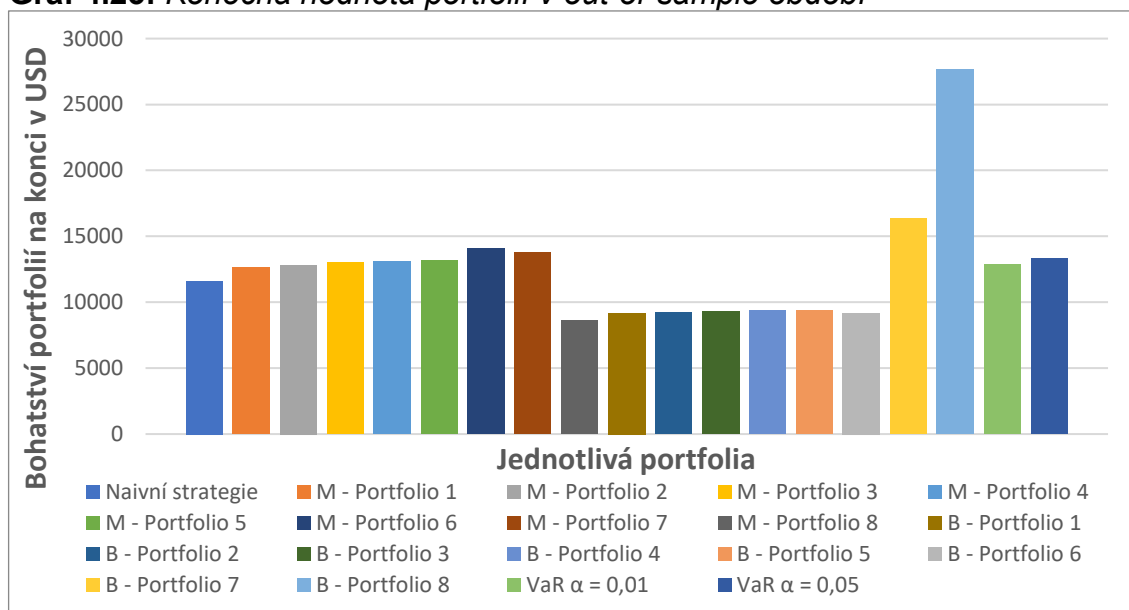
Konečná hodnota bohatství všech portfolií v období in-sample a out-of-sample jsou zřetelněji zobrazena v grafech 4.22 a 4.23.

Graf 4.22: Konečná hodnota portfolií v in-sample období



Zdroj: vlastní zpracování

Graf 4.23: Konečná hodnota portfolií v out-of-sample období



Zdroj: vlastní zpracování

V grafech 4.22 a 4.23 je vidět, že všechna portfolia mají na konci hodnotu vyšší než 5 000 USD, což představuje investovanou částku. V případě prvních 7 portfolií zleva, tedy portfolia dle naivní strategie a portfolií 1 – 6 dle Markowitze dosahovala jejich hodnota na konci vyšších hodnot v období out-of-sample než v období in-sample. U ostatních portfolií kromě portfolia 8 dle Blackova modelu a obou portfolií vypočtených

metodou VaR hodnota v out-of-sample období dosahuje hodnot menších než v případě in-sample období. Největší pokles lze vidět u portfolia 6, které je stanoveno Blackovým modelem. Naopak největší nárůst hodnoty portfolia lze vidět u portfolia 8 stanoveného také modelem Blacka.

4.5.1 Výběr nejvhodnějšího akciového portfolia pro drobného investora v out-of-sample období

Díky porovnání portfolií v obdobích in-sample a out-of-sample z předchozí části lze za nejlepší portfolio označit portfolio 8, které je vypočteno za pomoci Blackova modelu. Důvodem tohoto konstatování je zejména největší pokrok z hlediska hodnoty bohatství, které v out-of-sample dosáhlo při investici 5 000 USD na začátku období 27 643,121 USD. Oproti všem ostatním portfoliím je tak hodnota portfolia na konci o více než 10 000 USD větší. Dalším důvodem je také nejlepší hodnota Sharpeho poměru, jakožto indikátoru míry výkonnosti, který u tohoto portfolia v out-of-sample období dosahuje hodnoty téměř 100 % a je tak ve srovnání s ostatními portfolií v out-of-sample období větší o více než 10 p. b. a u některých portfolií dokonce o více než 50 p. b. Z hlediska skutečného průměrného výnosu v out-of-sample období je u tohoto portfolia také nejvyšší hodnota, ale zároveň větší riziko v podobě směrodatné odchylky. Vzhledem k průměrnému výnosu lze ovšem říci, že hodnota směrodatné odchylky je akceptovatelná. Ačkoliv míra procentuálního poklesu hodnoty v období out-of-sample je jedna z nejvyšších, ale oproti ostatním portfoliím však ne o moc, tak lze říci, že hodnotu 21,87 % lze akceptovat. V období in-sample hodnota maximálního poklesu u tohoto portfolia je téměř 60 %, takže se jedná o velké zlepšení tohoto ukazatele. Indikátor maximálního poklesu se v tomto případě snížil o více než 62 %. Procentuální hodnota VaR i směrodatná odchylka se u tohoto portfolia také razantně snížila oproti in-sample období o více než 50 % s výjimkou procentuální hodnoty VaR při 5% hladině významnosti, kde pokles činil necelých 40 %.

Ačkoliv je portfolio 8 v out-of-sample období téměř ve všech směrech nejlepší, nelze jednoznačně z hlediska robustnosti doporučit, protože s ohledem na ostatní portfolia dle Blackova modelu, s výjimkou portfolia 7, lze vidět značné zhoršení všech veličin u portfolií 1 – 6 dle Blackova modelu. Portfolio 7 a hlavně portfolio 8 dle Blackova modelu tak může být velmi nestabilní a pravděpodobně až extrémní vzhledem k vývoji ostatních portfolií dle Blackova modelu, které oproti portfoliu 8 razantně poklesly.

Z tohoto důvodu nelze jistě predikovat zda bude toto portfolio vydělávat i v budoucnu. Skutečný průměrný výnos portfolií 1 – 6 se pohyboval zhruba mezi 8 a 9 procenty v out-of-sample období oproti 11 až 28 procenty v in-sample období. Pokles výnosnosti portfolií činí od 26 do 66 %. Podobně je tomu u hodnoty bohatství. Největší změna je u těchto portfolií v Sharpeho poměru, kde například hodnota v in-sample období portfolia 6 dosahovala nejvyšší hodnoty 147,81 % a v out-of-sample období pouze 36,84 %, takže pokles je více než 75 %. Podobně je tomu u indikátoru maximálního poklesu hodnoty, který vzrostl u těchto portfolií o 32 – 56 procent. Proto lze z hlediska větší stability doporučit portfolia dle Markowitze, které dosahuje obecně lepších výsledků než portfolia dle Blacka s výjimkou portfolia 8 a 7. Například portfolio 6 není špatnou volbou, protože má největší bohatství na konci, Sharpeho poměr a akceptovatelnou hodnotu maximálního poklesu, který dosahuje pouze 13,25 %. Za dobré portfolio lze označit také portfolio dle metody VaR na hladině významnosti 5 %, které má po portfoliu 8 dle Blacka druhou největší hodnotu Sharpeho poměru, který činí 87,21 %. Toto portfolio má zároveň jednu z nejmenších hodnot VaR a maximálního poklesu, a takřka nejlepší hodnotu směrodatné odchylky, takže lze říci, že portfolio je i poměrně méně rizikové.

Za všechna portfolia jako celek lze konstatovat, že z celkového hlediska jsou lepší portfolia Markowitze a portfolia při minimalizaci hodnoty VaR. Z hlediska nejlepšího portfolia bezesporu portfolio 8 dle Blacka, u kterého ovšem vzhledem k ostatním Blackovým portfoliím nelze zaručit robustnost.

Celkově lze o všech modelech, které jsou v rámci diplomové práce řešeny říci, že byla ověřena a následně potvrzena aplikovatelnost těchto modelů optimalizace portfolia.

5 Závěr

Cílem diplomové práce bylo za pomoci modelů Markowitze, Blacka, metody Value at Risk a naivní strategie stanovit optimální portfolio akcií pro drobného investora a ověřit, zda jsou dané modely aplikovatelné v praxi.

V druhé kapitole diplomové práce byl popsán finanční trh jako celek, účastníci trhu a jeho rozdělení. Dále zde byla popsána některá finanční aktiva, která jsou na finančním trhu obchodována.

Ve třetí kapitole byly popsány základní veličiny akcií a způsob jejich výpočtu. Byly zde také popsány a definovány jednotlivé metody pro stanovení optimálního portfolio akcií a způsob jejich výpočtu. V neposlední řadě zde byly představeny předpoklady a charakteristika řešených modelů. Zároveň bylo v této části popsáno, jak vznikla teorie portfolio a způsob tvorby optimálního portfolio aktiv.

Ve čtvrté, praktické části diplomové práce byly zobrazeny základní veličiny vypočtené ze vstupních dat, kterými jsou týdenní ceny akcií. Historické týdenní ceny akcií jsou pro vyřešení modelů nezbytné. Základními veličinami se rozumí střední hodnoty týdenních výnosů a směrodatné odchylky 29 akcií, které byly přepočteny na roční bázi a vychází z reálných dat. Akcie zařazené do předmětu analýzy byly součástí indexu Dow Jones Industrial Average k 8. 4. 2004. Vstupní data jsou nezbytná pro výpočet zmíněných modelů. Analyzováno bylo celkem 14 let, které byly rozděleny na dvě období. Prvním je in-sample období trvající od roku 2005 do roku 2010, ve kterém bylo nalezeno optimální složení portfolio modelů dle Markowitze, Blacka a metody VaR. Pro naivní strategie bylo relativní složení již známo vzhledem k množství akcií zařazených do předmětu analýzy. Váhy portfolio dle všech modelů stanovené v in-sample období jsou nezbytné pro výpočet portfolio v out-of-sample období, což je období druhé trvající od roku 2011 do roku 2018. Všechny modely, které byly popsány ve třetí kapitole byly řešeny pro obě období.

Následně bylo provedeno srovnání obou období a stanoveno nejvhodnější portfolio pro drobného investora v out-of-sample období. Nejlepších výsledků v komparaci se všemi portfolio dosáhlo v out-of-sample období portfolio 8 dle Blackova modelu. Portfolio 8 dle Blacka mělo největší hodnotu bohatství na konci období o více než 10 000 dolarů oproti všem ostatním portfolio dle všech strategií. Zároveň dosáhlo největšího skutečného ročního výnosu a Sharpeho poměru, který se rovnal téměř

100 %. Za zmínku stojí také poměrně nízká hodnota maximálního procentuálního poklesu hodnoty, která byla ovšem druhá největší, ale stále poměrně nízká necelých 22 procent. Portfolio 8 dle Blacka v rámci out-of-sample období se oproti období in-sample výrazně zlepšilo zejména v hodnotě bohatství, dále směrodatné odchylky, maximálního poklesu a hodnoty VaR, které lze považovat za ukazatele rizika. Sharpeho poměr v out-of-sample období vzrostl o více než 40 p. b. oproti období in-sample. Nicméně ve srovnání s ostatními portfolii dle Blackova modelu, které jsou jedny z nejhorších ze všech s výjimkou portfolia sedmého, které dosahuje také poměrně dobrých hodnot, nelze říci, zda nešlo o náhodu. Proto zde nelze nejlépe určit robustnost portfolia. Za celkově lepší portfolia jako celek lze označit portfolia dle Markowitze, kterým s výjimkou portfolia 8 vyšly zmíněné základní veličiny v dobrých hodnotách. Jako dobrou volbu portfolia dle Markowitze lze označit portfolio 6, které se jeví vzhledem k poměru rizika a výnosu jako dobré. Průměrný výnos dosahuje 13,70 %, bohatství na konci přes 14 000 dolarů, hodnotu Sharpeho poměru přes 80 % a indikátor maximálního poklesu hodnoty 13,25. % To stejné lze říci o portfoliích vypočítaných dle metody VaR, kde portfolio při 5% hladině významnosti má druhou nejmenší směrodatnou odchylku ze všech, druhou největší hodnotu Sharpeho poměru 87,21 %, výnosnost téměř 13 % a jednu z nejnižších procentuálních hodnot VaR. U výběru vhodného portfolia v konečném důsledku záleží na samotném investorovi a jeho postoji k riziku. Celkově však lze o modelech, které byly předmětem analýzy říci, že byla ověřena a následně potvrzena aplikovatelnost těchto modelů pro optimalizaci akciového portfolia.

Seznam použité literatury

Odborná literatura:

- [1] ADAMS, A., P. BOOTH, D. BOWIE and D. FREETH. *Investment mathematics*. Chichester: Wiley, 2003. ISBN 0-471-99882-6.
- [2] BENNINGA, Simon and Benjamin CZACZKES. *Financial modeling*. Cambridge: MIT Press, 1997. ISBN 0-262-02437-3.
- [3] BODIE, Z., A. KANE and A. J. MARCUS. *Investments and portfolio management*. 9th ed., global ed. New York: McGraw-Hill/Irwin, 2011. ISBN 978-0-07-128914-6.
- [4] FABOZZI, F. J., F. MODIGLIANI and F. J. JONES. *Foundations of financial markets and institutions*. 4th ed., Pearson new international ed. Harlow: Pearson, 2014. Pearson custom library. ISBN 978-1-292-02177-5.
- [5] JÍLEK, Josef. *Finanční trhy*. Praha: Grada, 1997. ISBN 80-7169-453-3.
- [6] JÍLEK, Josef. *Finanční trhy a investování*. Praha: Grada Publishing, 2009. Finanční trhy a instituce. ISBN 978-80-247-1653-4.
- [7] JONES, Charles Parker. *Investments: analysis and management*. 3rd ed. New York: Wiley, 1991. Wiley series in finance. ISBN 0-471-54436-1.
- [8] KRESTA, Aleš. *Kvantitativní metody investování s aplikacemi v prostředí matlab*. Ostrava: VŠB-TU Ostrava, 2016. Series on Advanced Economic Issues, Faculty of Economics, VŠB-TU Ostrava, vol. 43. ISBN 978-80-248-3898-4.
- [9] MUSÍLEK, Petr. *Trhy cenných papírů*. Praha: Ekopress, 2002. ISBN 80-86119-55-6.
- [10] POLÁCH, Jiří. *Kapitálové trhy*. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 2002. ISBN 80-248-0134-5. Skripta. Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava.

- [11] REILLY, Frank K. and Keith C. BROWN. *Analysis of investments and management of portfolios*. Andover: Cengage Learning, 2015. ISBN 978-1-4737-0479-4.
- [12] REJNUŠ, Oldřich. *Finanční trhy*. 4. aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada Publishing, 2014. Partners. ISBN 978-80-247-3671-6.
- [13] SEKERKA, Bohuslav. *Cenné papíry a kapitálový trh*. Praha: Profess, 1996. ISBN 80-85235-41-2.
- [14] SHARPE, William F. a Gordon J. ALEXANDER. *Investice*. 4. vyd. Přeložil Zdeněk ŠLEHOFR. Praha: Victoria Publishing, 1994. ISBN 80-85605-47-3.
- [15] ZMEŠKAL, Z., D. DLUHOŠOVÁ a T. TICHÝ. *Finanční modely: koncepty, metody, aplikace*. 3. přeprac. a rozšíř. vyd. Praha: Ekopress, 2013. ISBN 978-80-86929-91-0.

Internetové zdroje:

- [16] AIG. *American International Group - Wikipedia*. [online]. [cit. 2019-04-22]. Dostupné z: https://en.wikipedia.org/wiki/American_International_Group.
- [17] ANNUAL REPORTS. *AnnualReports.com* [online]. [cit. 2019-04-22]. Dostupné z: http://www.annualreports.com/HostedData/AnnualReports/PDF/NYS_E_GE_2018.pdf.
- [18] GLOBÁLNÍ EKONOMICKÁ KRIZE. *Globální ekonomická 2008 krize v datech - Aktuálně.cz* [online]. [cit. 2019-04-22]. Dostupné z: <https://zpravy.aktualne.cz/ekonomika/globalni-ekonomicka-krize-2008-v-datech-den-po-dni/r~5f4503acb10111e899900cc47ab5f122/>.
- [19] HP INC. *HP se dělí na dvě firmy: HP Inc. a Hewlett Packard Enterprise. Svět hardware*. [online]. [cit. 2019-04-22]. Dostupné z: <https://www.svethardware.cz/hp-se-deli-na-dve-firmy-hp-inc-a-hewlett-packard-enterprise/41341>.

- [20] INVESTING.COM. *United States 10-Year Bond Yield* [online]. [cit. 2019-04-22]. Dostupné z: <https://www.investing.com/rates-bonds/u.s.-10-year-bond-yield-historical-data>.
- [21] YAHOO FINANCE. *Yahoo Finance - Business Finance, Stock Market, Quotes, News* [online]. [cit. 2019-04-22]. Dostupné z: <https://finance.yahoo.com/>.
- [22] Zákon č. 190/2004 Sb. o dluhopisech. [cit. 2019-04-22] Dostupný z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2004-190>.
- [23] Zákon č. 90/2012 Sb. o obchodních korporacích. [cit. 2019-04-22] Dostupný z: <https://business.center.cz/business/pravo/zakony/obchodni-korporace/cast1h5d3.aspx>.

Seznam zkratek

| | |
|------|---|
| AA | Alcoa Corporation |
| AIG | American International Group, Inc. |
| AXP | American Express Company |
| BA | The Boeing Company |
| C | Citigroup Inc. |
| CAT | Caterpillar Inc. |
| DIS | The Walt Disney Company |
| DJIA | Dow Jones Industrial Average |
| DWDP | DowDuPont Inc. |
| FED | The Federal Reserve System |
| GE | General Electric Company |
| GM | General Motors Company |
| HD | The Home Depot, Inc. |
| HON | Honeywell International Inc. |
| HPQ | HP Inc. |
| IBM | International Business Machines Corporation |
| INTC | Intel Corporation |
| IPO | Initial Public Offering |
| JNJ | Johnson & Johnson |
| JMP | JPMorgan Chase & Co. |
| KO | The Coca-Cola Company |
| MCD | McDonald's Corporation |
| MMM | 3M Company |

| | |
|-------|---------------------------------|
| MO | Altria Group, Inc. |
| MRK | Merck & Co., Inc. |
| MSFT | Microsoft Corporation |
| M-V | Mean-Variance |
| NYSE | The New York Stock Exchange |
| OTC | Over-the-counter |
| p. b. | procentní bod |
| PFE | Pfizer Inc. |
| PG | The Procter & Gamble Company |
| RAROC | Risk-Adjusted Return On Capital |
| T | AT&T Inc. |
| UTX | United Technologies Corporation |
| VaR | Value at Risk |
| VZ | Verizon Communications Inc. |
| WMT | Walmart Inc. |
| XOM | Exxon Mobil Corporation |

Prohlášení o využití výsledků diplomové práce

Prohlašuji, že

- jsem byl seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a § 60 – školní dílo;
- beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3);
- souhlasím s tím, že diplomová práce bude v elektronické podobě archivována v Ústřední knihovně VŠB-TUO. Souhlasím s tím, že bibliografické údaje o diplomové práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO;
- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- bylo sjednáno, že užít své dílo, diplomovou práci, nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 26. dubna 2019



.....
Bc. Petr Uvíra

Seznam příloh

Příloha č. 1: Váhy akcií v portfoliích dle Markowitzova modelu

Příloha č. 2: Váhy akcií v portfoliích dle Blackova modelu

Příloha č. 3: Váhy akcií v portfoliích dle metody Value at Risk na daných hladinách významnosti společně s absolutní investovanou částkou do daných akcií v případě minimalizace VaR

Příloha č. 4: Základní veličiny všech portfolií v in-sample období

Příloha č. 5: Základní veličiny všech portfolií v out-of-sample období

Příloha č. 1: Váhy akcií v portfoliích dle Markowitzova modelu

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| X_{MMM} | 0,55% | 0,67% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| X_{AA} | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| X_{MO} | 11,11% | 13,55% | 15,73% | 17,35% | 19,22% | 22,73% | 3,41% | 0,00% |
| X_{AXP} | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| X_{AIG} | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| X_T | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,22% | 0,04% | 0,00% | 0,00% |
| X_{BA} | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| X_{CAT} | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 2,37% | 29,77% | 100,00% |
| X_C | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| X_{KO} | 7,26% | 12,58% | 17,94% | 23,49% | 30,64% | 15,75% | 0,00% | 0,00% |
| X_{DWDP} | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| X_{XOM} | 0,97% | 2,13% | 0,71% | 0,82% | 0,05% | 0,01% | 0,00% | 0,00% |
| X_{GE} | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| X_{HPQ} | 0,00% | 0,43% | 2,56% | 4,35% | 6,18% | 7,80% | 0,00% | 0,00% |
| X_{HD} | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| X_{HON} | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| X_{INTC} | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| X_{IBM} | 0,98% | 0,00% | 0,26% | 0,14% | 0,03% | 0,01% | 0,00% | 0,00% |
| X_{JNJ} | 30,26% | 23,43% | 18,14% | 10,88% | 2,87% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| X_{JPM} | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| X_{MCD} | 18,48% | 23,41% | 27,97% | 32,42% | 35,93% | 51,26% | 66,82% | 0,00% |
| X_{MRK} | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,11% | 0,02% | 0,00% | 0,00% |
| X_{MSFT} | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| X_{PFE} | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| X_{PG} | 18,27% | 14,46% | 10,53% | 7,65% | 1,65% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| X_{UTX} | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| X_{VZ} | 0,12% | 0,63% | 0,39% | 0,00% | 0,61% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| X_{WMT} | 12,00% | 8,70% | 5,77% | 2,90% | 2,48% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| X_{DIS} | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% | 0,00% |
| Suma | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

Příloha č. 2: Váhy akcií v portfoliích dle Blackova modelu

| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 |
|-------------------------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| X_{MMM} | 11,82% | 11,31% | 10,77% | 10,25% | 9,72% | 9,73% | -3,23% | 0,00% |
| X_{AA} | -9,71% | -11,00% | -12,29% | -13,59% | -14,87% | -16,23% | -14,59% | 0,00% |
| X_{MO} | 13,65% | 15,10% | 16,55% | 17,97% | 19,43% | 20,67% | 37,40% | 55,30% |
| X_{AXP} | -6,60% | -6,35% | -6,09% | -5,85% | -5,59% | -5,40% | -11,20% | -0,65% |
| X_{AIG} | 1,00% | 1,15% | 1,29% | 1,44% | 1,58% | 1,81% | -2,31% | -20,63% |
| X_T | 1,15% | 2,71% | 4,33% | 6,01% | 7,60% | 9,84% | -0,01% | 0,00% |
| X_{BA} | -3,46% | -3,41% | -3,36% | -3,31% | -3,27% | -3,73% | 0,00% | 0,00% |
| X_{CAT} | 0,70% | 3,53% | 6,35% | 9,18% | 12,00% | 14,92% | 16,50% | 19,74% |
| X_C | -3,82% | -4,33% | -4,85% | -5,36% | -5,88% | -6,32% | -8,22% | -27,84% |
| X_{KO} | 5,94% | 10,84% | 15,77% | 20,73% | 25,65% | 30,15% | 27,35% | 3,59% |
| X_{DWDP} | -1,39% | -2,13% | -2,88% | -3,63% | -4,38% | -5,17% | -9,94% | -1,74% |
| X_{XOM} | 9,66% | 8,80% | 7,94% | 7,09% | 6,20% | 5,38% | -0,01% | 0,00% |
| X_{GE} | 9,24% | 6,63% | 4,02% | 1,41% | -1,17% | -4,02% | -9,22% | -17,71% |
| X_{HPQ} | 2,74% | 4,92% | 7,11% | 9,29% | 11,48% | 13,94% | 13,08% | 10,39% |
| X_{HD} | -5,22% | -6,43% | -7,63% | -8,82% | -10,06% | -11,57% | -8,49% | -1,32% |
| X_{HON} | 0,41% | 1,10% | 1,81% | 2,50% | 3,19% | 4,19% | 7,43% | 1,38% |
| X_{INTC} | -2,69% | -3,85% | -5,01% | -6,17% | -7,32% | -8,64% | -8,14% | -0,01% |
| X_{IBM} | 9,89% | 10,41% | 10,93% | 11,50% | 12,02% | 12,90% | 0,00% | 0,00% |
| X_{JNJ} | 23,90% | 20,54% | 17,16% | 13,69% | 10,25% | 7,32% | 0,00% | -4,50% |
| X_{JPM} | 1,07% | 2,87% | 4,68% | 6,46% | 8,27% | 10,16% | 12,77% | 4,21% |
| X_{MCD} | 18,62% | 22,37% | 26,11% | 29,83% | 33,58% | 37,16% | 26,54% | 13,77% |
| X_{MRK} | -1,78% | -0,14% | 1,51% | 3,15% | 4,80% | 6,70% | -0,71% | 0,00% |
| X_{MSFT} | -0,43% | -2,35% | -4,30% | -6,23% | -8,16% | -10,44% | -6,77% | -5,06% |
| X_{PFE} | -3,84% | -6,26% | -8,66% | -11,06% | -13,46% | -16,20% | -13,35% | -11,26% |
| X_{PG} | 14,84% | 12,58% | 10,35% | 8,18% | 5,91% | 4,37% | -2,61% | -4,64% |
| X_{UTX} | 3,67% | 4,80% | 5,92% | 7,08% | 8,22% | 9,79% | 10,53% | 0,40% |
| X_{VZ} | 7,73% | 6,07% | 4,34% | 2,51% | 0,85% | -2,18% | -0,04% | -0,01% |
| X_{WMT} | 11,15% | 9,00% | 6,85% | 4,71% | 2,62% | 1,00% | -1,15% | -4,64% |
| X_{DIS} | -8,25% | -8,47% | -8,72% | -8,98% | -9,20% | -10,11% | 48,41% | 91,23% |
| Suma | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% | 100,00% |

Příloha č. 3: Váhy akcií v portfoliích dle metody Value at Risk na daných hladinách významnosti společně s absolutní investovanou částkou do daných akcií v případě minimalizace VaR

| $\alpha = 0,01$ | | | $\alpha = 0,05$ | | |
|-----------------|----------------|-----------------|-----------------|----------------|-----------------|
| X_{MMM} | 0,00% | 0,000 | X_{MMM} | 0,00% | 0,000 |
| X_{AA} | 0,00% | 0,000 | X_{AA} | 0,00% | 0,000 |
| X_{MO} | 12,88% | 644,173 | X_{MO} | 13,36% | 668,243 |
| X_{AXP} | 0,00% | 0,000 | X_{AXP} | 0,00% | 0,000 |
| X_{AIG} | 0,00% | 0,000 | X_{AIG} | 0,00% | 0,000 |
| X_T | 0,00% | 0,000 | X_T | 0,00% | 0,000 |
| X_{BA} | 0,00% | 0,000 | X_{BA} | 0,00% | 0,000 |
| X_{CAT} | 0,00% | 0,000 | X_{CAT} | 0,00% | 0,000 |
| X_C | 0,00% | 0,000 | X_C | 0,00% | 0,000 |
| X_{KO} | 9,98% | 499,170 | X_{KO} | 11,41% | 570,305 |
| X_{DWDP} | 0,00% | 0,000 | X_{DWDP} | 0,00% | 0,000 |
| X_{XOM} | 2,25% | 112,742 | X_{XOM} | 2,26% | 113,100 |
| X_{GE} | 0,00% | 0,000 | X_{GE} | 0,00% | 0,000 |
| X_{HPQ} | 0,00% | 0,000 | X_{HPQ} | 0,00% | 0,000 |
| X_{HD} | 0,00% | 0,000 | X_{HD} | 0,00% | 0,000 |
| X_{HON} | 0,00% | 0,000 | X_{HON} | 0,00% | 0,000 |
| X_{INTC} | 0,00% | 0,000 | X_{INTC} | 0,00% | 0,000 |
| X_{IBM} | 1,24% | 62,142 | X_{IBM} | 1,28% | 64,174 |
| X_{JNJ} | 26,37% | 1318,359 | X_{JNJ} | 24,77% | 1238,657 |
| X_{JPM} | 0,00% | 0,000 | X_{JPM} | 0,00% | 0,000 |
| X_{MCD} | 21,17% | 1058,710 | X_{MCD} | 22,40% | 1120,037 |
| X_{MRK} | 0,00% | 0,000 | X_{MRK} | 0,00% | 0,000 |
| X_{MSFT} | 0,00% | 0,000 | X_{MSFT} | 0,00% | 0,000 |
| X_{PFE} | 0,00% | 0,000 | X_{PFE} | 0,00% | 0,000 |
| X_{PG} | 15,94% | 796,806 | X_{PG} | 15,12% | 756,077 |
| X_{UTX} | 0,00% | 0,000 | X_{UTX} | 0,00% | 0,000 |
| X_{VZ} | 0,00% | 0,000 | X_{VZ} | 0,00% | 0,000 |
| X_{WMT} | 10,16% | 507,898 | X_{WMT} | 9,39% | 469,407 |
| X_{DIS} | 0,00% | 0,000 | X_{DIS} | 0,00% | 0,000 |
| Suma | 100,00% | 5000,000 | Suma | 100,00% | 5000,000 |

Příloha č. 4: Základní veličiny všech portfolií v in-sample období

| | Bohatství na konci období (1 USD) | Bohatství na konci období (5 000 USD) | Očekávaný roční výnos portfolia | Směrodatná odchylka portfolia (p.a.) | Sharpeho poměr (p.a.) | Maximální pokles | Týdenní VaR $\alpha = 0,01$ | Týdenní VaR $\alpha = 0,05$ |
|---------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Naivní strategie | 1,46999 | 7 349,947 | 8,95% | 22,43% | 20,84% | 58,84% | 7,90% | 4,49% |
| M - Portfolio 1 | 1,69672 | 8 483,599 | 9,74% | 13,44% | 40,67% | 26,52% | 3,71% | 2,60% |
| M - Portfolio 2 | 1,87971 | 9 398,526 | 11,46% | 13,52% | 53,15% | 25,29% | 3,68% | 2,50% |
| M - Portfolio 3 | 2,07969 | 10 398,433 | 13,18% | 13,77% | 64,69% | 24,59% | 3,57% | 2,62% |
| M - Portfolio 4 | 2,29786 | 11 489,284 | 14,91% | 14,17% | 75,04% | 23,96% | 3,79% | 2,76% |
| M - Portfolio 5 | 2,53504 | 12 675,180 | 16,63% | 14,72% | 83,89% | 24,12% | 3,84% | 2,80% |
| M - Portfolio 6 | 2,78598 | 13 929,922 | 18,35% | 15,73% | 89,50% | 23,14% | 4,28% | 3,05% |
| M - Portfolio 7 | 2,91818 | 14 590,885 | 20,07% | 20,92% | 75,49% | 36,34% | 6,77% | 4,20% |
| M - Portfolio 8 | 2,34464 | 11 723,217 | 21,79% | 38,93% | 45,00% | 71,89% | 14,39% | 8,41% |
| B - Portfolio 1 | 1,89176 | 9 458,811 | 11,33% | 11,71% | 60,22% | 14,69% | 3,46% | 2,51% |
| B - Portfolio 2 | 2,22955 | 11 147,756 | 14,08% | 11,81% | 83,01% | 12,74% | 3,37% | 2,31% |
| B - Portfolio 3 | 2,62360 | 13 117,985 | 16,84% | 12,12% | 103,64% | 12,19% | 3,50% | 2,33% |
| B - Portfolio 4 | 3,08253 | 15 412,655 | 19,59% | 12,62% | 121,40% | 12,04% | 3,61% | 2,37% |
| B - Portfolio 5 | 3,61619 | 18 080,935 | 22,35% | 13,28% | 136,08% | 11,89% | 3,80% | 2,32% |
| B - Portfolio 6 | 4,23561 | 21 178,035 | 25,11% | 14,09% | 147,81% | 12,37% | 3,97% | 2,51% |
| B - Portfolio 7 | 4,76386 | 23 819,279 | 27,86% | 18,88% | 124,92% | 17,77% | 5,75% | 3,45% |
| B - Portfolio 8 | 3,58286 | 17 914,283 | 30,62% | 41,36% | 63,69% | 58,14% | 20,50% | 7,08% |
| VaR $\alpha = 0,01$ | 1,80318 | 9 015,884 | 10,76% | 13,46% | 48,17% | 25,65% | 3,62% | 3,63% |
| VaR $\alpha = 0,05$ | 1,84702 | 9 235,076 | 11,17% | 13,49% | 51,07% | 25,38% | 2,57% | 2,52% |

Příloha č. 5: Základní veličiny všech portfolií v out-of-sample období

| | Bohatství na konci období (1 USD) | Bohatství na konci období (5 000 USD) | Průměrný roční výnos portfolia | Směrodatná odchylka portfolia (p.a.) | Sharpeho poměr (p.a.) | Maximální pokles | Týdenní VaR $\alpha = 0,01$ | Týdenní VaR $\alpha = 0,05$ |
|---------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------|-----------------------|------------------|-----------------------------|-----------------------------|
| Naivní strategie | 2,31991 | 11 599,572 | 11,50% | 14,08% | 58,02% | 18,26% | 5,69% | 3,07% |
| M - Portfolio 1 | 2,52422 | 12 621,087 | 12,18% | 11,10% | 79,68% | 15,21% | 4,03% | 2,42% |
| M - Portfolio 2 | 2,56255 | 12 812,754 | 12,36% | 11,08% | 81,52% | 14,42% | 3,91% | 2,41% |
| M - Portfolio 3 | 2,60424 | 13 021,212 | 12,58% | 11,22% | 82,46% | 13,66% | 4,09% | 2,39% |
| M - Portfolio 4 | 2,61228 | 13 061,382 | 12,65% | 11,49% | 81,13% | 12,99% | 4,18% | 2,38% |
| M - Portfolio 5 | 2,63226 | 13 161,324 | 12,79% | 11,88% | 79,66% | 12,72% | 4,07% | 2,53% |
| M - Portfolio 6 | 2,81495 | 14 074,733 | 13,70% | 12,49% | 83,05% | 13,25% | 5,01% | 2,67% |
| M - Portfolio 7 | 2,75550 | 13 777,519 | 13,78% | 15,00% | 69,68% | 17,57% | 5,15% | 3,33% |
| M - Portfolio 8 | 1,72435 | 8 621,747 | 10,53% | 27,30% | 26,37% | 43,30% | 9,50% | 5,86% |
| B - Portfolio 1 | 1,83646 | 9 182,323 | 8,29% | 11,89% | 41,75% | 19,52% | 3,70% | 2,56% |
| B - Portfolio 2 | 1,85147 | 9 257,364 | 8,41% | 12,04% | 42,23% | 18,77% | 3,58% | 2,53% |
| B - Portfolio 3 | 1,86205 | 9 310,264 | 8,52% | 12,37% | 42,01% | 18,13% | 3,77% | 2,63% |
| B - Portfolio 4 | 1,86778 | 9 338,898 | 8,63% | 12,86% | 41,18% | 18,28% | 3,99% | 2,72% |
| B - Portfolio 5 | 1,87162 | 9 358,096 | 8,74% | 13,50% | 40,05% | 18,43% | 4,27% | 2,90% |
| B - Portfolio 6 | 1,83558 | 9 177,887 | 8,61% | 14,34% | 36,84% | 19,19% | 4,66% | 3,12% |
| B - Portfolio 7 | 3,26868 | 16 343,423 | 16,05% | 15,88% | 80,14% | 18,38% | 4,47% | 3,32% |
| B - Portfolio 8 | 5,52862 | 27 643,121 | 23,38% | 20,11% | 99,74% | 21,87% | 5,73% | 4,26% |
| VaR $\alpha = 0,01$ | 2,56843 | 12 842,157 | 12,37% | 10,86% | 83,24% | 13,31% | 4,05% | 4,03% |
| VaR $\alpha = 0,05$ | 2,66395 | 13 319,762 | 12,83% | 10,89% | 87,21% | 13,37% | 2,47% | 2,42% |